

# Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa

Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien  
haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi

Helsinki 2009

# Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa

Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien  
haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi

Helsinki 2009

Julkaisun nimi:

Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa

Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi

Julkaisija:

Maa- ja metsätalousministeriö

Toimittajat:

Eeva Nuotio, Liisa Maria Rautio, Sofia Zित्रa-Bärsund

Kannen kuvat:

Liisa Maria Rautio (1,3)

Sofia Zित्रa-Bärsund (2,4)

Kuvat:

Liisa Maria Rautio (s. 7, 11, 18, 42, 54, 60)

Sofia Zित्रa-Bärsund (s. 23, 30)

Eeva-Kaarina Aaltonen (s. 57)

Eeva Nuotio (s. 38)

ISBN 978-952-453-493-2 (Painettu)

ISSN 0781-6723 (Painettu)

ISBN 978-952-453-494-9 (Verkkajulkaisu)

ISSN 1797-4011 (Verkkajulkaisu)

Taitto: Mikaela Kortell

# Maa- ja metsätalousministeriölle

Maa- ja metsätalousministeriö asetti 26.3.2008 ohjausryhmän ohjaamaan selvitystyötä happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämiseksi. Ohjausryhmän tehtävänä oli valmistella ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi sekä koordinoida tarpeen mukaan myös muita sen tehtävään liittyviä hankkeita.

Työn tavoitteena on ollut kartoittaa happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämiseen liittyvät selvitystarpeet suuntaviivojen valmistelun pohjaksi. Työssä on pyritty kiinnittämään erityistä huomiota maankuivatukseen liittyvien toimenpiteiden tukemisen periaatteiden selventämiseen siten, että myös happamoitumisongelmaan kiinnitetään tukemisen ehdoissa riittävästi huomiota.

Ohjausryhmän puheenjohtajana on toiminut vesihallintoneuvos Jaakko Sierla maa- ja metsätalousministeriöstä. Muina jäseninä ovat toimineet neuvotteleva virkamies Hannele Nyroos ympäristöministeriöstä, ylitarkastaja Eija Vallius ja ve-siylitarkastaja Ville Keskisarja maa- ja metsätalousministeriöstä, johtaja Pertti Sevola ja erikoisasiantuntija Liisa Maria Rautio Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta, biologi Pekka Hynninen Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksesta sekä professori Markku Yli-Halla Helsingin yliopistosta. Työryhmän sihteerinä on toiminut ylitarkastaja Tiina Pääsky maa- ja metsätalousministeriöstä. Työryhmämuistion kokoajana ovat toimineet suunnittelijat Sofia Zittra-Bärsund ja Eeva Nuotio Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta.

Ohjausryhmä on kokoontunut 8 kertaa ja kuullut asiantuntijoina tutkimusprofessori Kari-Matti Vuorta Suomen ympäristökeskuksesta ja toimialapäällikkö Olli Breiliniä sekä ympäristögeologi Peter Edeniä Geologisesta tutkimuskeskuksesta. Ohjausryhmä on pyrkinyt osaltaan edistämään muuta sen tehtävään liittyvää tutkimus- ja kehittämistoimintaa erityisesti riittävän kansallisen rahoituksen varmistamiseksi CATERMASS -hankkeelle (Ilmastomuutoksen sopeutumiskeinot happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien vähentämiseksi), jota Suomen ympäristökeskus on hakenut toteutettavaksi Life+ -hankkeena.

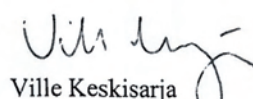
Työssään ohjausryhmä on käynyt lävitse happamien sulfaattimaiden erityiskysymyksiin liittyvän lainsäädännön, ohjelmat ja tukijärjestelmät. Lisäksi ohjausryhmä on koonnut yhteen tiedot happamien sulfaattimaiden esiintymisestä, haitoista ja haittojen torjuntakeinoista maa- ja metsätalousalueilla Suomessa. Ohjausryhmän oheisessa muistiossa otetaan kantaa tiedossa olevien keinojen käyttökelpoisuuteen ja niiden kehittämistarpeisiin. Muistio sisältää myös ehdotukset sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämiseksi sekä arvion ehdotusten vaikutuksista.

Ohjausryhmä jättää oheisen muistion kunnioittavasti maa- ja metsätalousministeriölle. Ohjausryhmä esittää, että muistiosta hankitaan kevään aikana keskeisten sidosryhmätahojen lausunnot, ja että muistio sen jälkeen viimeistellään ja julkaistaan. Julkaisun keskeisestä sisällöstä sekä ehdotetuista linjauksista ja tavoitteista ohjausryhmä esittää koostettavaksi erillisen strategia-asiakirjan, joka saatettaisiin maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön hyväksyttäväksi. Ohjausryhmä on valmis huolehtimaan esitystensä edellyttämästä jatkotyöstä.

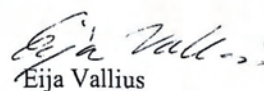
Helsingissä 30. päivänä tammikuuta 2009

  
Jaakko Sierla

  
Hannele Nyroos

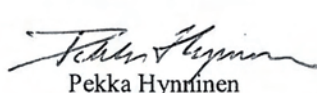
  
Ville Keskisarja

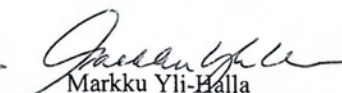
  
Tiina Pääsky

  
Eija Vallius

  
Pertti Sevola

  
Liisa Maria Rautio

  
Pekka Hynninen

  
Markku Yli-Halla





# Sisällys

1. Johdanto.....	7
2. Tavoitteet .....	7
3. Taustaa.....	8
4. Muissa maissa käytössä olevat maaperän happamuuden ohjauskeinot .....	12
4.1. Happamat sulfaattimaat kansainvälisen mielenkiinnon kohteina .....	12
4.2. Pohjoismaat .....	12
4.3. Australia .....	13
5. Happamat sulfaattimaat lainsäädännössä, ohjelmissa ja tukijärjestelmissä .....	14
5.1. Lainsäädäntö .....	14
5.1.1. Vesilaki ja ympäristönsuojelulaki .....	14
5.1.2. Vesienhoitolaki .....	15
5.1.3. Metsälaki .....	15
5.1.4. Toimenpidelinjauksia .....	15
5.2. Valtakunnalliset ja alueelliset ohjelmat .....	16
5.2.1. Vesiensuojelun suuntaviivat .....	16
5.2.2. Vesienhoitosuunnitelmat .....	16
5.2.3. Kansalliset ja alueelliset metsäohjelmat .....	17
5.2.4. Muut ohjelmat .....	18
5.2.5. Toimenpidelinjauksia .....	19
5.3. Tukijärjestelmät .....	19
5.3.1. Kuivatukseen liittyvä tuki .....	19
5.3.2. Maataloustuet .....	20
5.3.3. Kestävän metsätalouden rahoituksesta annetun lain perusteella maksettavat tuet.. .....	21
5.3.4. Muut tukijärjestelmät .....	23
5.3.5. Toimenpidelinjauksia .....	24
5.4. Ohjeet ja suositukset .....	25
5.4.1. Maataloutta ja yleistä kuivatusta koskevat ohjeet ja suositukset .....	25
5.4.2. Metsätaloutta koskevat ohjeet ja suositukset .....	25
5.4.3. Turvetuotantoa koskevat ohjeet ja suositukset .....	25
5.4.4. Tilusjärjestelyä koskevat ohjeet ja suositukset .....	27
5.4.5. Muut ohjeet ja suositukset .....	27
5.4.6. Toimenpidelinjauksia .....	27
5.5. Tiedotus ja neuvonta .....	28
5.5.1. Nykytila.....	28
5.5.2. Toimenpidelinjauksia .....	28
6. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja haitat Suomessa .....	29
6.1. Esiintyminen .....	29
6.1.1. Kokonaisarviot .....	29
6.1.2. Maatalousmaiden kartoitukset .....	30
6.1.3. Metsätalousmaiden kartoitukset .....	31
6.1.4. Joki- ja purokartoitukset .....	31
6.1.5. Toimenpidelinjauksia .....	33
6.2. Haitat .....	33
6.2.1. Pintavedet .....	33
6.2.2. Pohjavesialueet ja vesihuolto .....	37
6.2.3. Kalatalous .....	37
6.2.4. Maatalous .....	38
6.2.5. Metsätalous .....	39
6.2.6. Turvetuotanto.....	39
6.2.7. Toimenpidelinjauksia .....	40
7. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen syntymisen ehkäiseminen .....	41
7.1. Maankäyttö ja kuivatustarve .....	41
7.1.1. Nykytila.....	41
7.1.2. Toimenpidelinjauksia .....	42

7.2. Kuivatustapa ja -syvyys .....	43
7.2.1. Nykytila .....	43
7.2.2. Toimenpidelinjauksia.....	43
7.3. Ojituksen vesiensuojelutoimenpiteet .....	44
7.3.1. Nykytila .....	44
7.3.2. Toimenpidelinjauksia.....	44
7.4. Säättösalaojitus ja säättökastelu .....	45
7.4.1. Nykytila .....	45
7.4.2. Toimenpidelinjauksia.....	46
7.5. Vesistöjen pohjapadot .....	46
7.5.1. Nykytila .....	46
7.5.2. Toimenpidelinjauksia.....	47
8. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen torjunta .....	48
8.1. Maaperän kalkitus .....	48
8.1.1. Nykytila .....	48
8.1.2. Toimenpidelinjauksia .....	48
8.2. Vesistöjen kalkitus .....	49
8.2.1. Kalkitusasemat .....	49
8.2.1.1. Nykytila .....	49
8.2.1.2. Toimenpidelinjauksia .....	50
8.2.2. Anaerobiset kalkkipadot .....	51
8.2.2.1. Nykytila.....	51
8.2.2.2. Toimenpidelinjauksia .....	52
8.2.3. Kalkkirouhepadot ja -pohjat .....	52
8.2.3.1. Nykytila.....	52
8.2.3.2. Toimenpidelinjauksia .....	52
8.3. Kalkkisuodinojat .....	52
8.3.1. Nykytila.....	52
8.3.2. Toimenpidelinjauksia .....	53
8.4. Juoksutusjärjestelyt ja pumppaamojen käyttö .....	54
8.4.1. Nykytila.....	54
8.4.2. Toimenpidelinjauksia.....	54
9. Ehdotukset sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen hallintaan .....	55
9.1. Lainsäädäntö .....	55
9.2. Valtakunnalliset ja alueelliset ohjelmat.....	55
9.3. Tukijärjestelmät .....	56
9.4. Ohjeet ja suositukset.....	56
9.5. Tiedotus ja neuvonta .....	57
9.6. Happamien sulfaattimaiden kartoitukset .....	58
9.7. Haittoihin liittyvät selvitykset.....	58
9.8. Maankäyttö ja kuivatustarve .....	59
9.9. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen torjunta.....	60
10. Ehdotusten vaikutukset .....	61
10.1. Yleistä .....	61
10.2. Kustannuksia .....	61
11. Yhteenveto .....	63
12. Happamia sulfaattimaita koskevaa kirjallisuutta .....	65
LIITTEET .....	74
Liite 1. Happamien sulfaattimaiden luokituksessa käytettyjä tunnuksia ja raja-arvoja..	74
Liite 2. Lista kansallisista tutkimuksista, jotka käsittelevät happamien sulfaattimaiden esiintymisistä.....	75
Liite 3. Arvio sulfaattimaiden happamuuden säätelyn sosioekonomista vaikutuksista maatalouden näkökulmasta .....	77
Liite 4. Arvio happamien sulfaattimaiden kartoituksen kustannuksista .....	79
Liite 5. Catermass-hankkeen kuvaus .....	80
Liite 6. Ehdotus happamien sulfaattimaiden luokittelukriteeriksi .....	82

## 1. Johdanto

Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) ja ympäristöministeriö ovat vuonna 2008 rahoittaneet selvityshankkeen, jonka tavoitteena on kartoittaa happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämiseen liittyvät selvitystarpeet ja laatia ehdotus haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi. Selvitystä on ohjannut ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut vesihallintoneuvos Jaakko Sierla maa- ja metsätalousministeriöstä. Muina jäseninä ovat toimineet neuvotteleva virkamies Hannele Nyroos ympäristöministeriöstä, ylitarkastaja Eija Vallius ja vesiylitarkastaja Ville Keskisarja maa- ja metsätalousministeriöstä, johtaja Pertti Sevola ja erikoisasiantuntija Liisa Maria Rautio Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta, biologi Pekka Hynninen Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksesta sekä professori Markku Yli-Halla Helsingin yliopistosta. Ohjausryhmän sihteerinä on toiminut ylitarkastaja Tiina Pääsky maa- ja metsätalousministeriöstä. Ohjausryhmä on työnsä aikana kuullut asiantuntijoina tutkimusprofessori Kari-Matti Vuorta Suomen ympäristökeskuksesta ja toimialapäällikkö Olli Breiliniä sekä ympäristögeologi Peter Edeniä Geologian tutkimuskeskuksesta. Raportin kokoajana ovat toimineet suunnittelijat Sofia Zittra-Bärsund ja Eeva Nuotio sekä erikoisasiantuntija Liisa Maria Rautio Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta. Selvityshankkeen raportin kirjoittamiseen ovat osallistuneet useat ohjausryhmän jäsenet.

Tässä raportissa keskitytään kuvaamaan happamiin sulfaattimaihin liittyvää nykyistä tietämystä ja esittämään siihen perustuvia jatkosuosituksia. Raportissa otetaan kantaa myös tiedossa olevien keinojen käyttökelpoisuuteen ja niiden kehittämistarpeisiin. Raporttiin on kirjattu tiedot eri toimenpiteiden kustannuksista, jos niitä on alkuperäislähteissä arvioitu.

## 2. Tavoitteet

Selvitystyön tavoitteeksi asetettiin happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämiseen liittyvien selvitystarpeiden kartoitus ja ehdotuksen laatiminen haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi. Suuntaviivojen mukaisten toimenpiteiden tavoitteena on edistää sellaisia kestäviä maankäytön ja maankuivatuksen ratkaisuja sekä käytäntöjä, joilla happamien aineiden ja metallien huuhtoutumat sulfaattimaista voidaan saattaa mahdollisimman alhaiselle tasolle. Selvityksessä on keskitytty erityisesti seuraaviin osa-alueisiin:

- Happamien sulfaattimaiden yhdenmukainen kartoitus ja luokittelu
- Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen syntymisen ehkäisy (rikkipitoisten maakerrosten säilyminen pelkistyneessä tilassa)
- Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen torjunta
- Happamiin sulfaattimaihin liittyvän neuvonnan, koulutuksen, opastuksen ja tiedottamisen lisääminen
- Happamiin sulfaattimaihin liittyvien tavoitteiden huomioon ottaminen maa- ja metsätalouden tukijärjestelmissä
- Happamien sulfaattimaiden huomioon ottaminen valtakunnallisessa, alueellisissa ja paikallisissa maankäytön suunnitelmissa
- Uusien vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusten seuranta.



### 3. Taustaa

Erkki Kivisen vuonna 1944 ilmestyneessä julkaisussa esiintyi suomalaisessa tekstissä ilmeisesti ensimmäisen kerran nimitys aluna- eli sulfaattimaat (Kivinen 1944). Englanninkieliseksi termiksi on vakiintunut "acid sulphate soils", suomennettuna happamat sulfaattimaat. Happamille sulfaattimaille on nimensä mukaisesti tyypillistä happamuus ja tavanomaista suurempi rikkipitoisuus. Näiden maiden syvemmissä kerroksissa on sulfidia, joka joutuaan tekemisiin ilman hapen kanssa hapettuu sulfaatiksi. Samalla vapautuu vetyioneja ( $H^+$ ), ja lopputuloksena syntyy rikkihappoa ( $H_2SO_4$ ).

Happamia sulfaattimaita esiintyy maailmassa ainakin 24 miljoonaa hehtaaria, pääosin tropiikissa, erityisesti Kaakkois-Aasian ja Länsi-Afrikan rannikoilla sekä Yhdysvalloissa ja Australiassa (Sullivan 2004). Euroopan suurimmat sulfaattimaatesiintymät ovat Suomessa. Viljeltyjen happamien sulfaattimaiden pinta-ala on Suomessa eri arvioiden mukaan 50 000 - 336 000 ha. Merkittäviä esiintymiä on etenkin Lounais- ja Länsi-Suomessa Mynäjoelta aina Liminganlahdelle asti. Suurin osa sulfaattimaista sijaitsee rannikolla alle 60 m korkeudella merenpinnasta, mutta paikoitellen niitä on myös alueilla, jotka ulottuvat 80 – 100 m korkeudelle asti merenpinnasta (kuva 1). Eri-tyisen happamia alueita ovat ns. järvi-kuiviot eli vanhat kuivatetut järvet. Sulfidipitoisilla mailla toteutetut ojitukset ovat johtaneet vesistöjen happamoitumiseen etenkin Pohjanmaan rannikolla, mutta myös muualla länsirannikolla. Happamien sulfaattimaiden ominaisuuksia on Suomessa dokumentoitu 1910-luvulta lähtien. Niitä kutsuttiin aluksi suolamaiksi tai alunamaiksi, kun kapillaariveden mukana nousevien happamien alumiinisuolojen todettiin tietyillä alueilla haittaavan maanviljelyä (Aarnio 1922, 1937, Kivinen 1938a).

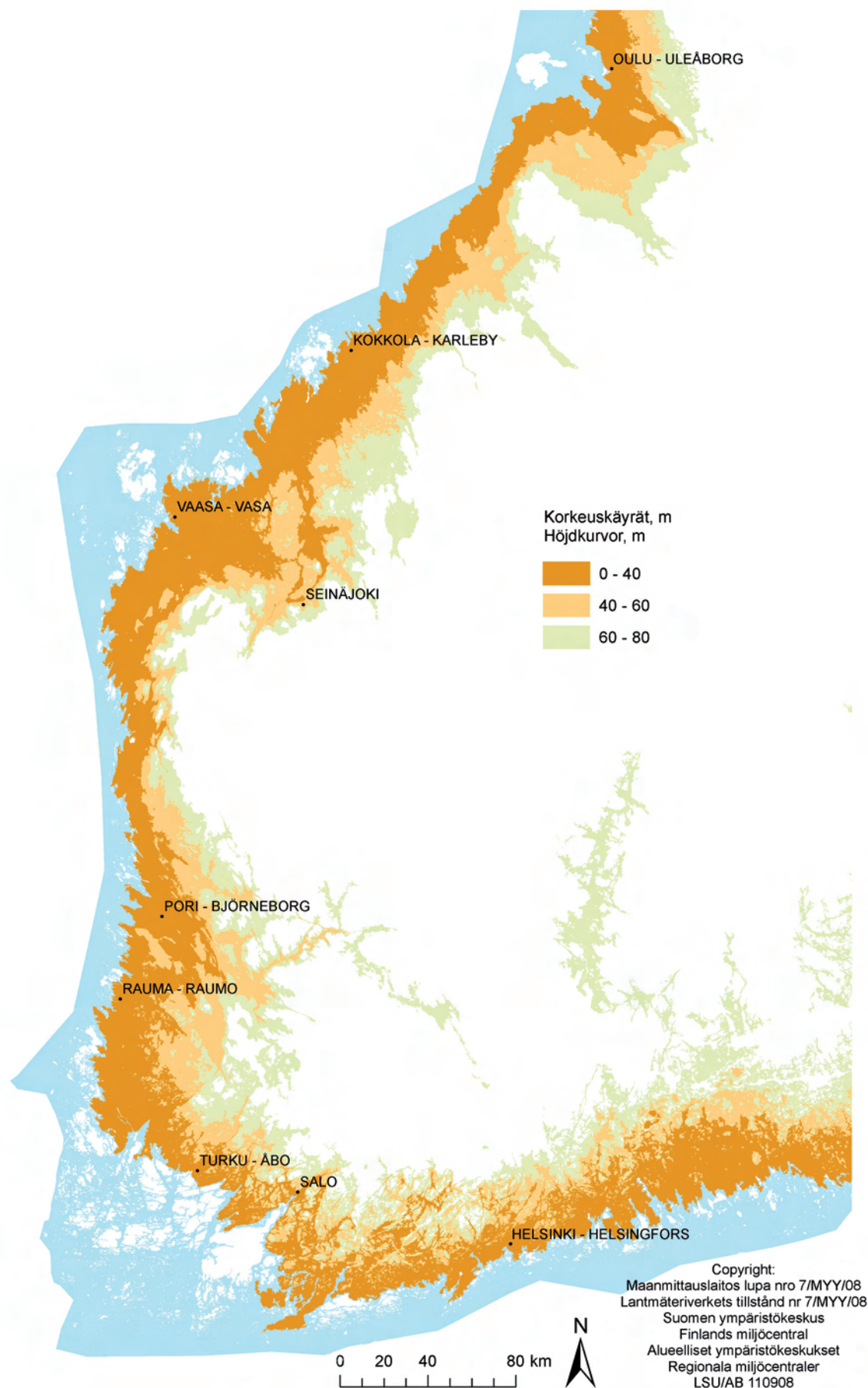
Happamia sulfaattimaita on syntynyt Itämeren alueelle etupäässä Litorina-vaiheen aikana 7 500 – 4 000 vuotta sitten, kun merivesi oli nykyistä lämpimämpää ja suolaisempaa. Mikrobit pelkistivät meriveden sulfaattia sulfidiksi käyttäessään orgaanista ainesta hiilen ja energian lähteenään vähähappisessa tai hapettomassa pohjasedimentissä. Maan kohoamisen, kuivatuksen ja tulvasuojelutöiden seurauksena aiemmin veden kyllästävät sulfidikerrokset ovat joutuneet ainakin ajoittain hapellisiin oloihin, jolloin ne ovat alkaneet tuottaa rikkihappoa. Litorinasedimentin lisäksi sulfidipitoisia maita esiintyy mustaliuskealueilla Itä-Suomen ja Kainuun alueella sekä Hämeessä (Räisänen ja Nikkarinen 1999, Ruotsalainen 2007). Pohjois-Pohjanmaalla mustaliuskealueita esiintyy erityisesti Kiimingin liuskejaksolla (Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus ja Kainuun ympäristökeskus 2008).

Aina 1970-luvulle asti happamia sulfaattimaita pidettiin pelkästään maataloustuotantoa haittaavana ongelmana. Happamien viljelymaiden kasvukunnon parantamiseksi suositeltiin voimakasta kalkitusta ja tehokasta maankuivatusta ja varoitettiin sulfidipitoisten ojamaiden levittämistä pellolle (Kivinen 1938c, Purokoski 1959a). Tällä tavoin voitiin neutraloida muokkauskerroksen happamuus ja huuhtoa syvemmissä maakerroksissa syntyvä happamuus vesistöihin. Riittävän syvällä kuivatuksella estettiin happamia ainesosia sisältävien kapillaarivesien nouseminen muokkauskerrokseen. Happamista sulfaattimaista, jotka yleensä ovat tasaisia ja hyvärakenteisia, on tällä tavoin saatu tuottoisia viljelymaita.

Hapettumista (oksidatiota) tapahtuu lähinnä kesäisin, ja se ulottuu salaojitetussa maassa kuivana aikana jopa 2-3 metrin syvyyteen (Joukainen ja Yli-Halla 2003). Alivirtaamisen aikana vesi kulkeutuu hitaasti syvempien maakerrosten läpi, joissa se neutraloituu synnyttäen hyvin puskuroitua vettä. Ylivirtaamisen aikana pohjavesitaso maaperässä nousee niin, että syvempien maakerrosten huokokset täyttyvät vedellä, mistä seuraa hapettomien (anaerobisten) olojen syntyminen maahan. Kyllästymättömässä eli hapettuneessa maakerroksessa muodostunut rikkihappo huuhtoutuu yhdessä liuenneiden metallien kanssa veden mukana nopeasti salaojiin ja edelleen vesistöön. Vesien happamuus on yleensä suurimmillaan syys- ja kevätvalunnan aikana, jolloin sade- ja sulamisvedet huuhtovat maata ja kuljettavat happamuuden vesistöihin. Kuivatusvesien happamuus ja suuri veteen liuenneiden metallien, etenkin alumiinin, pitoisuus on aiheuttanut kalakuolemia ja muita toksisuusvaikutuksia eliöstössä monin paikoin pitkin länsirannikkoa. Kalakuolemia on esiintynyt etenkin kuivien kesien jälkeisinä sadekausina, kun pohjaveden pinta on laskenut kesällä syvälle ja rikkihappoa on päässyt muodostumaan runsaasti.

Pohjanmaan rannikolla on esiintynyt ajoittaisia kalakuolemia etenkin 1970-luvulta lähtien, ja kalakannat ovat taantuneet (Myllynen ym. 1997, Hudd ja Leskelä 1998, Hudd 2000). Kyrönjoessa satunnaisia kalakuolemia on dokumentoitu jo ainakin vuodesta 1834 alkaen. Vesistöissä kriittisiä happamuusolosuhteita voi esiintyä jo silloin, kun valuma-alueen pinta-alasta muutama prosentti (2 – 5 %) on happamia sulfaattimaita (Rantala 1991). Salaojituksen ulottuminen happamiin sulfaattimaihin on lisännyt happamuus- ja metallikuormitusta näiden alueiden pintavesiin (Manninen 1972). Mannisen (1972) mukaan Kyrönjoen alueen salaojavesien rikkipitoisuus oli 1,5 – 5-kertainen niiden lähellä olleiden avo-ojien vesiin verrattuna. Limingassa tehdyssä kenttäkokeessa todettiin, että hiljattain salaojitetulta sulfaattimaalta, jossa sulfidikerrokset olivat noin metrin syvyydessä, tuli jopa kymmenkertainen happamuuskuormitus avo-ojitettuun maahan verrattuna (Palko 1988).





Kuva 1. Suurin osa happamista sulfaattimaista sijaitsee rannikolla alle 60 m korkeudella merenpinnasta.

Kun maan pH laskee hapettumisen ja rikkihapon syntymisen takia, useat eri metallit alkavat liueta sulfideista ja maan muusta kiintoaineksesta. Metallit vapautuvat maaprofiilista kuivalla kaudella lähinnä sulfideista ja alumiinisilikaateista ja huuhtoutuvat sen jälkeen sadekausina (Åström 2006). Useat hydrogeokemialliset tutkimukset ovat osoittaneet, että potentiaalisesti myrkyllisiä metalleja (alumiini Al, beryllium Be, kadmium Cd, koboltti Co, litium Li, nikkeli Ni, rubidium Rb, tallium Tl, uraani U ja sinkki Zn) löytyy suuria määriä happamien sulfaattimaiden läpi virtaavista vesistöistä (mm. Sundström 2005). Geologian tutkimuskeskus (GTK) otti vuonna 1990 maanlaajuisesti näytteitä purovesistöistä, ja niiden tuloksista todettiin, että erityisen korkeat berylli-, kadmium-, koboltti-, litium-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet löytyivät purovesistöistä Pohjanmaalla. Myös mangaani liukenee happamissa oloissa helposti, ja sitä voi huuhtoutua happamista sulfaattimaista runsaasti (Palko 1994).

Myös metsätalous lisää vesistöjen happamoitumisriskiä happamilla sulfaattimaa-alueilla, vaikka riskialueita todennäköisesti esiintyykin huomattavasti vähemmän kuin maatalousalueilla. Tämä johtuu siitä, että alavat maankoahoamisalueet ovat olleet suotuisampia maatalouskäytölle, ja metsätalous on keskittynyt korkeammille alueille (Palko & Ruokanen, 1994), joiden maaperä koostuu valtaosin karkeammista maalajeista, etupäässä moreenista. Metsätalouteen liittyvissä kuivatusojien kaivussa happamoitumista aiheuttavat vaikutukset ovat suurelta osin välittömiä, mutta on mahdollista, että kuivatetuilta metsäalueilta kulkeutuu happamoittavaa kuormitusta vesistöön myös pitkällä aikavälillä. Lyhytaikaiset vaikutukset ovat seurausta uudis- tai kunnostusojien kaivumassojen ja ojaluiskien hapettumisesta sekä rikkiyhdisteiden huuhtoutumisesta vesistöön. Pitkäaikaiset vaikutukset aiheutuvat maatalousmaiden tavoin kuivien jaksojen aikana hapettuneiden rikkiyhdisteiden huuhtoutuessa vesistöön. Toisaalta kuivatusvaikutus ei yleensä ulotu yhtä syviin maakerroksiin kuin maataloudessa, koska kuivatustarve ei ole yhtä suuri kuin peltomailla. Metsätaloudessa kuivatus toteutetaan lisäksi aina avo-ojilla.

Nykyään metsätalousalueilla kuivatustoimenpiteitä toteutetaan aiemmin ojitettujen soiden kunnostusojituksena ja täydennysojituksena (kuva 2). Kunnostusojituksella pyritään parantamaan maaperän vesitaloutta puun kasvun kannalta suotuisammaksi. Jos pohjaveden pintaa laskeetaan uudisojitusta syvemmälle uudet maakerrokset hapettuvat ja rikkiyhdisteet saattavat vapautua maapartikkeleista happamoittaen kuivatus- ja valumavesiä. Väärin toteutetun kuivatustoimenpiteen johdosta maan ja valumavesien pH-arvo voi laskea jopa alle 2,5:n (Joensuu ym. 2007). Paksuturpeilla kunnostusojitusalueilla riski on pienempi kuin ohutturpeilla, koska kaivussyvyys ei

yleensä ulotu kivennäismaahan asti, eikä Suomen soiden turvekerroksissa yleensä esiinny happamuutta tuottavia rikkiyhdisteitä. Ojituksen lisäksi metsän uudistamiseen liittyvät maanmuokkaustoimenpiteet saattavat aiheuttaa valumavesien happamoitumista. Riski on suurempi etenkin ojitusmätästyksen yhteydessä. Ojitusmätästys on veden vaivaamien soistuvien kankaiden ja turvemaiden muokausmenetelmä silloin, kun tehokas maankuivatus on tarpeen. Ojitusmätästyksessä osa ojista kaivetaan normaalien kuivatusojien kokoisiksi ja vesiensuojelusta tulee huolehtia samoin menetelmin kuin kunnostusojituksessa. Naveromätästys on selvästi kevyempi maanmuokausmenetelmä (kaivussyvyys noin 30 – 50 cm). Äestysten ja laikutuksen tarkoituksena on rikkoa kivennäismaan päällä oleva humuskerros, joten ne eivät ole kuivatustoimenpiteitä. Sen sijaan metsäteiden rakentaminen edellyttää pysyviä maan kuivatustoimenpiteitä ja suurien maamassojen siirtämistä. Myös energiapuuksi käytettävien kantojen nosto saattaa lisätä happamoitumisriskiä herkimmillä alueilla.

Paksuturpeisia soita on laajasti turvetuotantoalueina, ja suurin osa niistä sijaitsee sulfaattimaiden esiintymisvyöhykkeellä, alle 100 m:n korkeudella merenpinnasta. Sulfaattimaiden esiintymistä turvetuotantosoiden pohjamaassa ei ole aikaisemmin systemaattisesti kartoitettu. Uusilla tuotantoalueilla kuivatusvaikutus voi ulottua mahdollisiin sulfaattimaakerroksiin lähinnä kuivatusvesien laskuojien ja ympärysojen vaikutuspiirissä. Vanhoilla tuotantoalueilla tuotannon loppuvaiheessa kuivatusvaikutus ulottuu kivennäismaahan saakka. Tuotannon loputtua alue voidaan ottaa viljelykseen, metsittää, soistaa tai vesittää. Jos jälkikäyttömuoto edellyttää ojitusjärjestelyjä, voi sulfaattimaa-alueilla aiheutua happamuuskuormitusta. Vanhoja tuotantoalueita tulee poistumaan lähivuosina laajasti tuotannosta, joten happamoitumisriskiin on syytä varautua. Kuormituksen muodostumisen estämiseen voi vanhoilla tuotantosoilla olla hyviä edellytyksiä, jos tuotannon loppuvaihe, jälkihoito ja jälkikäyttö suunnitellaan ja toteutetaan sulfaattimaiden kuormitusongelmat huomioon ottaen. Pohjois-Pohjanmaalla useiden turvetuotantoalueiden pohjamaassa tiedetään esiintyvän sulfaattimaata. Tätä ei kuitenkaan liene dokumentoitu selkeästi julkaisuissa, eikä tällaisia maaprofiileja analysoitu. Eräiden vanhojen tuotantoalueiden valumavesissä on silti todettu happamuuskuormitusta. Myös mustaliuskealueilla esiintyvät sulfidipitoiset maat voivat aiheuttaa paikallisesti happamuuskuormitusta pohja- ja pintavesiin (Räisänen ja Nikkarinen 1999). Maainesten otto pohjavesipinnan alapuolelta mustaliuskekaliooperan alueella sijaitsevalla harjujaksolla on aiheuttanut voimakasta pohjavesilammikoiden happamoitumista Kii-  
mingissä.

Kunnostusojituksen ja täydennysojituksen arvioidaan kasvattavan valuntahuippuja, koska ojatiheys kasvaa ja pin-



tavesien virtaus ojiin nopeutuu. Valunnan kasvu voi myös lisätä happamoitumisriskiä, etenkin jos täydennysojitus alentaa pohjaveden pintaa alkuperäisestä syvyydestä. Myös erilaiset muut muutokset kuivatusolosuhteissa, kuten esimerkiksi kuivatusvesien johtamisen suunnan muutokset, saattavat vaikuttaa happamoitumisriskiin. Lisäksi kuivatustoimenpiteitä tehdään metsäteiden rakentamisessa.

Pohja- ja pintavesien happamuus aiheuttaa maan- ja vedenalaisten betoni- ja teräsrakenteiden syöpymistä ja edellyttää happamilla alueilla näiden rakenteiden huolellista suunnittelua. Tämä voi lisätä merkittävästi vanhojen

rakenteiden korjaustarvetta ja kasvattaa rakenteiden ylläpito- ja hankintakustannuksia. Happamien kuivatusvesien syövyttävää vaikutusta on kuvannut Stenberg vuonna 1955 seuraavasti: *"Pitkälahden pumppuaseman pumppukammion pohjalle jäi kahdelle seinämälle laudoitusta, jota ei vielä valun jälkeen saatu kokonaan puretuksi. Pumppujen saapumisen viivästyessä, kerääntyi sinä aikana kammion pohjalle veden tuomaa mustaa lietettä. Kun liete myöhemmin poistettiin, huomattiin, että ne osat, joissa ei ollut laudoitusta, olivat niin syöpyneet, että käsin sai irrotettua betonia, joka oli kuin soraa. Laidoituksen suojaama seinämä oli täysin kova."*



Kuva 2. Kuivatuksen tehostaminen happamilla sulfaattimaille lisää alueen vesistöjen happamuus- ja metallikuormitusta.



## 4. Muissa maissa käytössä olevat maaperän happamuuden ohjauskeinot

### 4.1. Happamat sulfaattimaat kansainvälisen mielenkiinnon kohteina

Happamia sulfaattimaita käsitteleviä kansainvälisiä teemakongresseja on järjestetty tähän asti kuusi kertaa: Wagingen, Hollanti (1972), Bangkok, Thaimaa (1981), Dakar, Senegal (1986), Ho Chi Minh City, Vietnam (1992), Tweed Heads, Australia (2002), Kanton, Kiina (2008). Näissä kongresseissa keskityttiin aluksi ensisijaisesti happamissa sulfaattimaissa tapahtuvien prosessien esittelyyn ja maanviljelyksellisiin kysymyksiin. Koska valtaosa maailman sulfaattimaista esiintyy trooppiin rannikkoseuduilla ja valtaosa osanottajista on tullut näistä maista, riisin viljely sulfaattimailla on ollut varsinkin ensimmäisissä kongresseissa suuren kiinnostuksen kohteena. Vielä vuonna 1992 pidetyssä kongressissa sulfaattimaiden kuivatuksen aiheuttamiin ympäristöongelmiin kiinnitettiin huomiota vain kolmessa kongressiesityksessä, koska kehitysmaissa riittävä ruuantuotanto on ollut huomattavasti tärkeämpi kysymys kuin viljelystä seuraavat ympäristöongelmat. Tosin jo vuoden 1986 kongressin retkeilyllä oli useita kohteita (Guinea Bissau, Senegal), joissa sulfaattimaiden varomaton kuivatus ja sulfaattimailla virtaavien jokien patoaminen oli johtanut laajoihin metsäkuolemiin. Ympäristökysymykset nousivat selvemmin esiin Australian kongressissa vuonna 2002, koska tässä korkean elintason maassa on enemmän varaa panostaa myös ympäristönsuojeluun ja maan ja vesistöjen moninaiskäyttöön. Kiinassa vuonna 2008 pidetty symposium keskittyi käytännössä kokonaan sulfaattimaiden aiheuttamien ympäristöongelmien ja erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen esittämiseen. Huolimatta pitopaikastaan, valtaosa esityksistä oli Australiasta, ja vähemmän kehittyneiden maiden osallistuminen oli vähäistä. Australiassa sulfaattimaiden kuivatusta on vähennetty ja ongelmialueilla on ryhdytty aktiivisesti säätelemään pohjaveden korkeutta ja estämään sulfidien hapettumista. Korkea pohjaveden pinta on johtanut ainakin sokeriruohon satojen tuntuvaan kasvuun. Kiinan kokous oli ensimmäinen, jossa mukana oli myös sulfidimalkaivosten happamien vesien aiheuttamat ongelmat; tähän asti näitä mustaliuske-tyyppisten mineraalien aiheuttamia ongelmia oli käsitelty eri kongresseissa. Nämä tutkimusalat toimivat käytännössä edelleenkin varsin erillään toisistaan. Aluksi hollantilaiset olivat käytännössä vetovastuussa sulfaattimaatutkimuksesta ja kongressien järjestämisestä, mutta nytemmin tutkimuksen painopiste on siirtynyt Australiaan;

Kiinan-symposiumissa ei ollut enää lainkaan hollantilaisia osanottajia. Pohjoismaiset, globaalisti varsin poikkeukselliset sulfaattimaat ovat aina saaneet näissä kongresseissa jonkin verran huomiota, mutta pääpaino on luonnollisesti ollut aina sulfaattimaiden globaalisti tärkeimpien esiintymisalueiden tuloksissa.

Kansainvälisessä Maaperätieteiden Seurojen Liitossa (International Union of Soil Sciences, IUSS) on jo vuosikymmeniä ollut happamien sulfaattimaiden työryhmä, jolla on ollut neljän vuoden välein toistuvissa suurissa IUSS:n kongresseissa aihetta käsitteleviä istuntoja. Edellisen kongressin yhteydessä (Philadelphia 2006) oli sulfaattimaihin keskittynyt maastoretkeily, ja sellainen on varmasti myös Brisbanessa 1.-6.8.2010 järjestettävässä kongressissa (19th World Congress of Soil Science, <http://www.ccm.com.au/soil/>). Tällä hetkellä työryhmän puheenjohtaja on professori Leigh Sullivan Australiasta. Edellä mainittu erilliskongressien sarja on osittain myös IUSS:n toimintaa. Suomalaiset tutkijat ovat hyvin integroituneet sulfaattimaiden kansainväliseen tutkimusyhteisöön. Åbo Akademiassa on sulfaattimaihin keskittynyt tutkimusryhmä, jonka työn tuloksena on syntynyt paljon suomalaisia sulfaattimaita käsitteleviä julkaisuja, jotka ovat ilmestyneet kansainvälisissä sarjoissa. Käytännön suojelutyö voidaan hyvin perustaa tälle perustutkimukselle, johon kohdistuu myös kansainvälistä kiinnostusta.

### 4.2. Pohjoismaat

#### Ruotsi

Ruotsissa esiintyy happamia sulfaattimaita (svartmocka) Västerbottenin ja Norrbottenin rannikolla ja etelämpänä mm. suurten järvien (Mälaren ja Hjälmaren) rannoilla (gyttjelera). Varsinkin Pohjanlahden rannikolla esiintyy sulfaattimaiden kuivatuksesta johtuvaa vesistöjen happamointumista. Valtakunnallista lakia maaperän happamuuden haittojen vähentämiseksi ei ole, mutta suosituksia ja ohjeita näitten maitten kuivatuksesta on annettu. Happamien sulfaattimaiden alueella on vältettävä pohjaveden pinnan laskua eikä ojitusten yhteydessä saa laskea pohjaveden pintaa välttämättömästi tarvetta enemmän. Botniabanan-nimisen uuden rautatien rakentamisen yhteydessä lääninhallitukset ovat antaneet yksityiskohtaisia ohjeita haittojen minimoimiseksi.

#### Tanska

Tanskassa ei esiinny maaperästä johtuvaa happamointumista, mutta rautasulfidia (rautaokra) pidetään Tanskassa vedensuojelun kannalta hyvin ongelmallisena ja tällaisten

rautamaiden käsittelyä varten on oma laki "Lov om okker", joka hyväksyttiin 8.5.1985. Lain mukaan rautasulfidialueiden kaivaminen ja kuivatus edellyttää luvan ympäristöministeriön määrittelemillä alueilla. Jos lupa voidaan myöntää ilman erityisiä ehtoja, luvan antaa alueviranomainen (amts-rådet). Jos lupaehtoja tarvitaan, luvan antaa keskusvirasto (miljöstyrelsen). Jos lupaa ei myönnetä alueelle, joka on ennen ollut ojitettu, maksetaan korvaus maan myyntiarvon heikkenemisestä. Alueviranomaisen päätöksestä voidaan valittaa keskusvirastoon. Se, joka lainvastaisesti ryhtyy kuivatustoimenpiteisiin, voidaan tuomita sakkoihin.

### 4.3. Australia

Australiassa on nykyisin eniten happamien sulfaattimaiden ympäristövaikutuksiin keskittyviä tutkimuksia. Ongelmat ovat suurimmat New South Walesin ja Queenslandin osavaltioissa. Liittovaltiotasolla on vuodelta 2000 peräisin oleva happamia sulfaattimaita käsittelevä kansallinen strategia (<http://www.mincos.gov.au/data/assets/pdf/0003/316065/natass.pdf>). Näiden maiden ominaisuuksia ja käyttöä esitellään lukuisilla Internet-sivustoilla. Laajassa linkkiluettelossa (<http://www.environment.gov.au/coasts/cass/links.html>) on hyvin suuri määrä tietoa happamista sulfaattimaista eri puolilta maailmaa. Ainakin seuraavat www-osoitteet ovat tutustumisen arvoisia:

- <http://www.nrw.qld.gov.au/land/ass/index.html>
- <http://www.nrw.qld.gov.au/land/ass/products.html>
- <http://www.environment.gov.au/coasts/cass/index.html>
- [http://www.clw.csiro.au/staff/FitzpatrickR/barker\\_inlet\\_reports/Final\\_App1\\_coastal\\_ASS\\_tech\\_manual\\_v1.2.pdf](http://www.clw.csiro.au/staff/FitzpatrickR/barker_inlet_reports/Final_App1_coastal_ASS_tech_manual_v1.2.pdf)

Southern Cross -yliopistossa on erityinen happamien sulfaattimaiden tutkimuskeskus (<http://www.scu.edu.au/schools/esm/index.php>), jota johtaa professori Leigh Sullivan. Australiassa sulfaattimaiden ongelmien ratkaisemiseen on käytetty yhteisöllistä osallistavaa prosessia (participatory process, Woodhead ym. 2000).

Australiassa on tehty erilaisia kartoituksia happamista sulfaattimaista, mutta kuten Suomessa, niitä on tehty vaihtelevilla menetelmillä ja kriteereillä. 2000-luvulla on tietoa kerätty yhteen eri osavaltioista ja yhtenäistetty luokittelukriteerit. Tiedot on koottu karttaan (Atlas of Australian Acid Sulfate Soils), johon alueet on ryhmitelty niiden riskiarvioinnin perusteella. Näin on saatu esiin alueet, jotka tarvitsevat erityistoimia tai jotka pitää jättää toimenpiteiden ulkopuolelle (hotspot-alueet). Kartan tarkoitus on havainnollistaa ongelman laajuus ja vakavuus. Ensimmäinen kartta valmistui vuonna 2002 – 03 Etelä-Australian rannikolta ja koko Australian kartta valmistuneena vuonna 2009.

Paikalliset ja alueelliset viranomaiset ovat aktivoituneet happamuuden torjuntaan laatimalla ja kehittämällä suunnittelun menettelytapoja ja suuntaviivoja. Tietoa Australian happamuuskartoista löytyy verkosta [www.clw.csiro.au/acidsulfatesoils/atlas.html](http://www.clw.csiro.au/acidsulfatesoils/atlas.html).

Queenslandin osavaltio on vuonna 2002 tehnyt teknisen käsikirjan "Queensland acid sulfate soil technical manual" ([http://www.nrw.qld.gov.au/land/ass/pdfs/soil\\_mgmt\\_guidelines\\_v3\\_8.pdf](http://www.nrw.qld.gov.au/land/ass/pdfs/soil_mgmt_guidelines_v3_8.pdf)). Osassa "Soil Management Guidelines" käydään läpi mm. riskienhallinta, happamien sulfaattimaiden neutraloiminen ja vesittäminen sekä yleisesti suositeltavat menettelytavat. Osassa "Legislation and Policy Guide" ([http://www.nrw.qld.gov.au/land/ass/pdfs/lp\\_a4.pdf](http://www.nrw.qld.gov.au/land/ass/pdfs/lp_a4.pdf)) käydään läpi lainsäädäntöä ja erilaisia menettelytapoja sekä oikeusratkaisuja.

Victorian osavaltiossa on vuonna 2003 laadittu happamien sulfaattimaiden suuntaviivat, missä on arvioitu happamien sulfaattimaiden esiintyminen mallien, karttojen, kenttätöiden ja laboratoriokokeiden perusteella. (Acid sulfate soil hazard maps – guidelines for coastal Victoria, [http://www.dpi.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/soil\\_acid\\_sulfate\\_soils](http://www.dpi.vic.gov.au/dpi/vro/vrosite.nsf/pages/soil_acid_sulfate_soils)).

Viime vuosina on Etelä-Australiassa happamilla sulfaattimailla ryhdytty ottamaan käyttöön uusi viljelytapa, ns. "permanent raised bed cropping". Viljelytapa parantaa maaperän rakennetta ja vähentää tulvimisen riskiä. Etelä-Australiassa vuoden sademäärät on yli 550 mm ja maaperä hyvin savinen ja vettä läpäisemätön. Maa kynnetään 30 cm:n syvyyteen ja sen jälkeen tehdään 1,7 – 2 metrin leveitä kaistaleita. Ajourien alueelta siirretään multaa näille kaistaleille, siten että kaistale on 15 – 30 cm:n korkeampi kuin ajoura. Maaperän kokoon painumista hidastetaan, kun peltoliikenne tapahtuu ainoastaan ajourissa, jotka samalla toimivat pintaojituksena. Myös ajourissa voidaan viljellä kasveja, jolloin vältetään eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumista. Viljelytavan edut ovat mm. kuivauksen parantaminen, maan rakenteen parantaminen ja sadon lisääntyminen. Kaistale kynnetään 3 – 5 vuoden välein, ja maa säilyy kuohkeana eikä painu kokoon.

# 5. Happamat sulfaattimaat lainsäädännössä, ohjelmissa ja tukijärjestelmissä

## 5.1. Lainsäädäntö

### 5.1.1. Vesilaki ja ympäristönsuojelulaki

Vuonna 1961 voimaan tulleessa vesilaissa säädetään vesivarjojen ja vesialueiden käytöstä ja hoidosta, jonka piiriin kuuluu myös happamuushaittoja mahdollisesti aiheuttavat toimenpiteet, kuten maankuivatus ja tulvapenkereiden rakentaminen. Maankuivattamista ojitamalla käsitellään erikseen vesilain kuudennessa luvussa. Vesilaissa lähtökohtana on, että maanomistajalla on oikeus ojitamiseen maan käyttöä haittaavan veden poistamiseksi. Pienistä ojituksista maanomistajat voivat yleensä huolehtia ja sopia keskenään. Vesilain 6:10 §:n mukaan ojitustoimituksessa on käsiteltävä esimerkiksi sellaiset ojitushankkeet, joihin on hankittava ympäristölupaviraston lupa tai joista voi aiheutua tulvariskien lisääntymistä tulva-alueen poistamisen tai pienentämisen johdosta (Ojitustoimitusopas 2003). Lisäksi ojitustoimituksessa käsitellään yhteiset ojitukset, joista ei päästä sopimukseen. Ojitustoimituksessa käsiteltävän ojituksen toimeenpanemiseksi on perustettava ojitusyhtiö, jonka vastuulle tulee toimeenpanon lisäksi hankkeen kunnossapito. Ojitusyhtiö on perustettava, jos hyödynsaajia on enemmän kuin kaksi ja hankkeeseen tarvitaan ympäristölupaviraston lupa. Lisäksi yhtiö tarvitaan, jos hyödynsaajia on vähintään viisi. Toimintansa lopettaneiden ojitusyhtiöiden elvyttäminen on mahdollista vesilain 6:25 §:n 5 momentin nojalla. Kestävän metsätalouden rahoituslain mukaisessa toiminnassa ojitusyhtiöitä ei ole yleensä perustettu.

Ympäristölupaviraston lupa tarvitaan maankuivatushankkeissa melko harvoin. Ojitusten yhteydessä lupakynnys ylittyy, jos ojituksesta saattaa aiheutua vesilain 1 luvun 15, 18 tai 19 §:ssä tarkoitettu muutos tai seuraus. Vesilain 1 luvun 15 §:n mukaisesti ojitukseen tarvitaan lupa, jos sen johdosta muutetaan vesistön asemaa, syvyyttä, vedenkorkeutta, vedenjuoksua tai muuta vesiympäristöä siten, että siitä aiheutuu vahinkoa tai haittaa yleiselle tai yksityiselle edulle (ns. muuttamiskielto). Saman luvun 18 §:n perusteella lupa tarvitaan, jos ojituksesta aiheutuu haittaa pohjaveden hyväksikäytölle (ns. pohjaveden muuttamiskielto). Vesilain 1 luvun 19 §:n mukaan ojitus ja esimerkiksi myös kuivatusvesien pumppaus vaativat luvan, jos niistä voi aiheutua ympäristönsuojelulain 3 §:n 1 momentin 1

kohdassa tarkoitettua pilaantumista vesialueella. Tällöin vesilain mukaisessa lupaharkinnassa sovelletaan ympäristönsuojelulain säännöksiä, eikä erillistä ympäristölupaa ole tarpeen hakea. Vesilain mukaisessa luvassa voidaan siis antaa määräyksiä vesistön pilaantumisen ehkäisemisestä asettamalla raja-arvoja tai muutoin toimenpidevelvoitteita veden happamuuden säädölle. Käytännössä määräykset ovat voineet koskea myös pumpattavan veden määrän optimointia vastaanottavan vesistön virtaaman kannalta.

Happaman veden johtamisessa on lisäksi otettava huomioon, ettei vettä joudu pohjaveteen, jolloin pohjavesi voi pilaantua. Pohjaveden pilaamiskiellosta säädetään ympäristönsuojelulain 8 §:ssä. Vesilain mukaisessa pohjaveden muuttamista koskevan hankkeen käsittelyssä on lisäksi harkittava, ettei hankkeesta pääse hapanta vettä pohjaveteen esimerkiksi maaleikkauksien yhteydessä. Luvan myöntämisen edellytyksenä on myös pohjaveden muuttamista koskevan vesilain 9 luvun 8 §:n mukaan, että toimenpiteestä ei aiheudu ympäristönsuojelulain 8 §:ssä tarkoitettua seurausta.

Vesilain uudistaminen on käynnissä (tilanne 2008). Merkittävin rakenteellinen muutos uudessa laissa olisi vesitaloushankkeita koskevan sääntelyn yhdenmukaistaminen, mikä tehtäisiin kokoamalla vesitaloushankkeita koskevat yhteiset säännökset entistä selvemmin yhteen. Hankkeen tarkoituksesta riippumatta toteuttamisedellytykset sekä luvanvaraisuus että luvan myöntämisedellytykset ratkaisivat viime kädessä hankkeen vaikutusten perusteella. Edellisessä kappaleessa mainitut nykyiset yleiskieollot muotoiltaisii entistä selvemmin lupakynnyksiksi, luvanvaraisuuskynnyksen säilyessä kuitenkin nykyisellään. Ojitusasioihin ei luonnoksen perusteella olisi tulossa kovin suuria muutoksia. Vesilain ojitussäännösten, maankäyttö- ja rakennuslain kiinteistöjen kuivatusta koskevien säännösten sekä ympäristönsuojelulain jätevesiä koskevan sääntelyn välisiä suhteita pyritään kuitenkin selkiyttämään. Samoin rajanvetoa ojitustoimituksessa käsiteltävien ja kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen ratkaisuvallan piiriin kuuluvien asioiden välillä selkeytettäisiin. Ojituksiin liittyvien tietojen rekisteröintiä on kaavailtu kehitettäväksi ennakkoon tapahtuvalla ilmoitusmenettelyllä.

Ojitusten aiheuttamien haittojen hallinnassa olisi mahdollista soveltaa vesilain säännöksiä. Säännösten mukaan ojitukselle tulisi hakea lupa, jos ojituksesta voi aiheutua ympäristönsuojelulain mukaista pilaantumista. Tällaiseen vesilain soveltamiseen ei ole kuitenkaan oikeuskäytäntöä eikä hallinnollista ohjetta. Haittojen paremmaksi hallinnaksi tulisi joka tapauksessa kehittää myös ojitusalueiden suunnitteluvaatimuksia ja suunnitelmien hyväksymisnnettelyjä mm. maa- ja metsätalouden rahoituslainsäädännössä.

### 5.1.2. Vesienhoitolaki

EU:n vesipuitedirektiivin tavoitteena on, että jäsenmaissa saavutetaan hyvä vesistöjen tila vuoteen 2015 mennessä. Vesipuitedirektiiviä toteutetaan Suomessa vesienhoidon järjestämisestä annetulla lailla (1299/2004) ja asetuksella (1040/2006). Kansalliset tavoitteet ja toimenpiteet määritellään alueellisissa vesienhoitosuunnitelmissa, jotka valtioneuvoston on tarkoitus vahvistaa ensimmäisen kerran vuonna 2009. Tavoitteena on, että vuoteen 2015 mennessä saavutetaan vesien hyvä ekologinen ja kemiallinen tila, mutta perustelluista syistä tavoitteen saavuttamiseen voidaan saada jatkoaikaa.

Vesienhoitolain ja vesipuitedirektiivin tavoitteena on:

- Estää vesiekosysteemien huononemista sekä suojella ja parantaa niiden tilaa
- Edistää kestäväää, vesivarojen pitkän ajan suojeluun perustuvaa vedenkäyttöä
- Vähentää pohjavesien pilaantumista
- Tehostaa vesiensuojelua vähentämällä pilaavien ja vaarallisten aineiden päästöjä
- Vähentää tulvien ja kuivuuden vaikutusta lähinnä vesien laatuun.

Vesienhoitolaissa säädetään vesienhoidon järjestämisestä ja siihen liittyvästä selvitystyöstä, yhteistoiminnasta ja osallistumisesta sekä kansainvälisestä yhteistyöstä vesienhoidon järjestämisessä. Vesienhoitolaissa määritellään vesienhoitosuunnitelman ja toimenpideohjelman keskeinen sisältö. Laki sisältää määräykset ympäristötavoitteiden asettamisesta ja perusteet niistä poikkeamiseen ja niiden lieventämiseen.

Asetus vesienhoitoalueista (1303/2004) määrittelee vesienhoitoalueet ja niiden tehtävät. Asetuksessa vesienhoidon järjestämisestä säädetään vesienhoitosuunnitelmaan sisällytettävistä selvityksistä, vesien tilan arvioimisesta ja seurannasta sekä vesienhoitosuunnitelman laatimisesta.

Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat haitat heikentävät sekä vesien ekologista että kemiallista tilaa ja näkyvät vesien luokittelussa. Tämän vuoksi vesienhoidon mukaiset toimenpideohjelmat ja vesienhoitosuunnitelmat edellyttävät toimia happamuusongelmien vähentämiseksi.

### 5.1.3. Metsälaki

Metsälailla edistetään metsien taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestäväää hoitoa ja käyttöä siten, että metsät antavat kestävästi hyvän tuoton samalla, kun niiden biologinen monimuotoisuus säilytetään. Laissa säädetään hakkuihin, metsän uudistamiseen päätehakkuun jälkeen ja metsin monimuotoisuuden säilyttämiseen kohdistuvista

ta velvoitteista. Aiotusta hakkuusta, metsänuudistamisen tavasta ja erityisen tärkeän elinympäristön käsittelystä on metsäkeskukselle toimitettava metsänkayttöilmoitus.

Laissa ei ole erikseen huomioitu metsätalouteen liittyviä yleisiä vesiensuojelukysymyksiä. Sen sijaan metsälain 10 §:ssä, jossa säädetään monimuotoisuuden säilyttämisestä ja erityisen tärkeistä elinympäristöistä, luetellaan erityisen tärkeät elinympäristöt, joita ovat mm. lähteiden, purojen, norojen sekä pienten lampien välittömät lähiympäristöt. Mikäli elinympäristö on luonnontilainen tai luonnontilaisen kaltainen, sen ominaispiirteet tulee metsälain mukaan säilyttää. Toisaalta myös vesilain 1 luvun 17 a §:ssä suojeltavan, vesistöä pienemmän uoman tai lähteen luonnontilaan on tulkittu kuuluvaksi koko ympäröivä noroluonto reunakasvillisuuksineen (KHO:n päätös 16.5.2005 taltionro 2024). Vaikutuksia varsinaiseen vesiuomaan tai -alueeseen säännellään vesilailla ja vesienhoitolailla.

### 5.1.4. Toimenpidelinjauksia

Tulisi selvittää, voitaisiinko maaperän happamuus mainita erikseen vesi- ja ympäristönsuojelulain säädännössä sekä metsälainsäädännössä seikkana, joka tulee ottaa huomioon hankkeiden suunnittelussa. Lainsäädännön muuttamisessa tavoitteena tulisi olla, että luvantarpeen harkinnassa tulisi otetuksi huomioon yhden hankkeen sijasta useamman hankkeen yhteisvaikutus. Lupakäsittelyssä tulisi voida velvoittaa luvanhakija tarvittaessa selvittämään etukäteen, onko toimenpiteen kohde happamalla sulfaattimaalla.

Tulisi selvittää vesilain tai ympäristönsuojelulain muuttamista niin, että toisen maalle voitaisiin tehdä vesiensuojeluratkaisuja happamuuden vähentämiseksi (esim. kosteikkoja) samanlaisella menettelyllä kuin ojituksen yhteydessä voidaan määrätä esim. pengerrysten ja pumppaamojen osalta.

Ojitushankkeiden lupaharkinnassa tulisi entistä enemmän painottaa vesistöjen pilaamiskieltoa happamien sulfaattimaiden alueella. Merkittävästi happamien sulfaattimaiden kuivatustilaa muuttavilta hankkeilta tulisi edellyttää ilmoitusmenettelyä ympäristöviranomaiselle. Lisäksi tulisi laatia ohjeet tällaisten hankkeiden suunnittelusta ja toteutuksesta.

Vastuu lainsäädännöllisten keinojen jatkovalmistelusta on ensisijaisesti maa- ja metsätalousministeriöllä ja ympäristöministeriöllä ottaen kuitenkin huomioon, että vesilaki on oikeusministeriön toimivaltaan kuuluvaa lainsäädäntöä.



## 5.2. Valtakunnalliset ja alueelliset ohjelmat

### 5.2.1. Vesiensuojelun suuntaviivat

Valtioneuvosto on vuonna 2006 hyväksynyt vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 (valtioneuvoston periaatepäätös 23.11.2006). Suuntaviivat ovat jatkoa vesiensuojelun tavoiteohjelmille. Vesiensuojelun suuntaviivoissa on tavoitteet haitallisille aineille. "Haitallisista aineista ei aiheudu uhkaa eliöyhteisölle eikä ihmisen terveydelle. Haitalliset aineet eivät aiheuta vesien tilan heikkenemistä ja vesien hyvä kemiallinen ja ekologinen tila säilyy". Suuntaviivoissa todetaan, että haitallisten aineiden merkitys hajapäästölähteistä ja laskeumasta korostuu teollisuuden päästöjen vähentyessä. Suuntaviivoissa ei erityistä mainintaa happamista sulfaattimaista. Toimenpiteistä todetaan haitallisista aineista mm. seuraavaa:

- Haitallisista aineista aiheutuvia riskejä vähennetään niin, että nämä aineet eivät aiheuta vesien tilan heikkenemistä ja että vesien hyvä kemiallinen ja ekologinen tila säilyy
- Eri toimintojen vesiympäristölle vaarallisten aineiden päästöt ja huuhtoutumat lopetetaan kerralla tai vaihteittain sekä haitallisten aineiden päästöjä ja huuhtoutumia vesiin vähennetään vaihteittain
- Haitallisten aineiden tunnistamista sekä niiden esiintymisen, käyttäytymisen ja vaikutusten selvittämistä ja seurantaa sekä riskien hallintaa parannetaan
- Pilaantuneiden sedimenttien haitallisia aineita ja niistä aiheutuvia vaikutuksia selvitetään tarpeen mukaan sekä estetään niistä syntyvät haitat huolehtimalla tarvittavista vesiensuojelutoimista mm. ruoppausten yhteydessä.

Periaatepäätöksen perusteluissa löytyy maininta happamista sulfaattimaista: "Maaperän raskasmetalli-, arseeni-, fluoridi- ja radonpitoisuudet sekä Pohjanmaan alunapitoiset maat aiheuttavat paikallisesti erityisongelmia pinta- ja pohjavesille." Vesiensuojelun suuntaviivojen taustaselvityksessä Suomen ympäristökeskuksen raportissa 23/2006 "Haitallisista aineista aiheutuvan kuormituksen vähentäminen" kerrotaan Länsi-Suomen happamista sulfaattimaista ja tarkastellaan erilaisia vaihtoehtoja, jotka perustuvat nykytoimenpiteiden jatkamiseen, uusiin toimenpiteisiin ja kaikkien näköpiirissä olevien toimien ja keinojen käyttöön. Haitallisista aineista aiheutuvia riskejä tulee vähentää. Suomessa jokien yleistila on järviä huonompi. Valtakunnallisen pintavesien ekologisen tilan luokittelun perusteella lähes 50 % joissa ekologinen tila on hyvää huonompi, kun järvistä vain 10 % on hyvää huonommassa tilassa. (Valtakunnallinen pintavesien luokittelu, 2008). Rannikon läheisten jokivesistöjen ja järvien perustila on yleensä vain tyydyttävä, mihin vaikuttaa ihmistoimintojen lisäksi myös maaperästä tuleva humuksen, saviainesten ja fosforin huuhtoutuma.

Lyhytaikainen ja äkillinen happamuuden nousu aiheuttaa haittoja veden laadulle ja eliöstölle monissa Pohjanmaan jokivesissä. Maaperän luontaiset ominaisuudet aiheuttavat eräillä alueilla haitallisten aineiden kuormitusta. Mm. maaperän raskasmetalli-, arseeni-, fluoridi- ja radonpitoisuudet sekä Pohjanmaan alunapitoiset maat aiheuttavat paikallisesti erityisongelmia pinta- ja pohjavesille. Haitallisia aineita koskevien suositusten tavoitteena on näistä aineista aiheutuvien riskien nykyistä parempi tunnistaminen, riskien estäminen sekä päästöjen vähentäminen vaihteittain tai kerralla. Haitallisten aineiden esiintymistä, käyttäytymistä ja vaikutuksia koskevaa tietoperustaa on tarpeen parantaa. Lisää tietoa tarvitaan mm. ekologisesta riskinarvioinnista.

Vesiensuojelun suuntaviivoissa esitetään esimerkiksi seuraavia toimenpiteitä:

- Vesistövaikutuksia vähennetään valuma-alueittaisella ja paikallisella suunnittelulla
- Vesiensuojelun riskialueiden tunnistamista kehitetään ja riskejä vähennetään
- Toimenpiteistä aiheutuvien riskien vähentämiseen varaudutaan
- Valtion osallistumisperusteet metsätaloustoimenpiteiden rahoitukseen arvioidaan vesiensuojeluvaiikutukset huomioon ottaen
- Purot ja muut pienvedet huomioidaan entistä paremmin metsätaloustoimien suunnittelussa ja toteuttamisessa. Niiden suojelua tehostetaan myös lainsäädännöllisin keinoin
- Toimien vaikutusten seurantaa ja arviointia sekä vesiensuojelumenetelmiä ja niiden vaikutusten tutkimusta tehostetaan.

### 5.2.2. Vesienhoitosuunnitelmat

Vesienhoidon suunnittelua varten Suomi on jaettu kahdeksaan vesienhoitoalueeseen. Niille on laadittava vesienhoitosuunnitelma, joka sisältää mm. tiedot vesien tilaan ja käyttöön liittyvistä seikoista, ympäristötavoitteet, tavoitteiden toteuttamiseksi tarpeellisista toimenpiteistä ja arvion ympäristötavoitteiden saavuttamisesta. Vesienhoitosuunnitelmat pohjautuvat alueille laadittuihin vesienhoidon toimenpideohjelmiin. Ensimmäiset vesienhoitosuunnitelmien ehdotukset ovat julkisesti nähtävillä 30.10.2008 – 30.4.2009.

Happamat sulfaattimaa-alueet sijoittuvat pääosin kahdelle vesienhoitoalueelle: Kokemäenjoen – Saaristomeren – Selkämeren vesienhoitoalue ja Oulujoen – Iijoen vesienhoitoalue. Näillä alueilla on laadittu erilliset toimenpideohjelmat useille osa-alueille ja happamia sulfaattimaita on käsitelty seuraavissa toimenpideohjelmissa: Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen alue, Lestijoki - Pöntönjoki, Perhonjoki – Kälviänjoki, Luodon- ja Öjanjärveen las-

kevat vesistöt, Lapuanjoki, Kyrönjoki, Närpiönjoki, Isojoki – Teuvanjoki, Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen rannikko ja pienet joet sekä Satakunta.

Hapan maaperä ja sen kuivatus näkyvät monien Pohjanlahteen laskevien jokien ekologisessa ja kemiallisessa tilassa. Happamuus vaikuttaa erityisesti kalastoon ja pohjaeläimistöön ja sitä kautta ekologiseen luokitteluun. Sulfaattimaa-alueiden vesistöt ovat pääosin välttävissä tai huonossa ekologisessa luokassa. Happamuuden mukana huuhtoutuvat metallit vaikuttavat jokien kemialliseen luokitukseen. Maaperän happamuuden johdosta useiden Pohjanmaan jokien kadmium- ja nikkelipitoisuudet ovat niin korkeita, että niiden kemiallinen tila on luokiteltu huonoksi.

Vesienhoitosuunnitelmissa ja toimenpideohjelmissa on esitetty maaperän happamuuteen liittyen erityisesti seuraavia toimenpiteitä vuoteen 2015 mennessä:

- Happamien sulfaattimaiden kartoitus ja huuhtoutumisen arviointi koko sulfaattimaa-alueella
- Kuivatusolojen säätö sekä pelloilla että metsämailla niin, että huuhtoutuminen on mahdollisimman vähäistä.
- Säättösalaoituksen määrän merkittävä lisääminen
- Tilakohtainen neuvonta kaikille sulfaattimaa-alueiden maa- ja metsätiloille
- Uusien happamuuden hallintamenetelmien kehittäminen
- Maa- ja metsätalouden tukijärjestelmien muuttaminen niin, että ne huomioivat happamat sulfaattimaat.
- Toimenpiteitä sulfaattimaa-alueiden turvetuotantosoiden happamuuskuormituksen estämiseksi ja vähentämiseksi
- Valtakunnallisen happamuusstrategian laatiminen.

Happaman maaperän kuivatus ja sen vaikutukset on vesienhoitosuunnitelmissa todettu niin suureksi ongelmaksi, että tällaisilla alueilla sijaitsevat vesimuodostumat eivät saavuta hyvää tilaa vielä vuonna 2015. Pahimmille happamuusalueille on esitetty jatkoaikaa vuoteen 2027 asti ja lievemmillä alueilla vuoteen 2021. Happamoitumisen vähentämistavoitteita on verrattava asianomaisten vesistöjen luonnontilaan ja vähentämistoimet tulee kohdentaa ihmisen aiheuttaman kuormituksen vähentämiseen.

### 5.2.3. Kansalliset ja alueelliset metsäohjelmat

#### Kansallinen metsäohjelma

Valtioneuvosto hyväksyi maaliskuussa 2008 periaatepäätökset kahdesta suuresta metsien käyttöä suuntaavasta ohjelmasta: Vuoteen 2015 ulottuva Kansallinen metsäohjelma ja Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma, METSO (2008 – 2016). Metsäohjelman tavoitetaso on vuodelle 2015 metsätalouden aiheuttaman kuormituksen vähentäminen, niin että vesiensuojelun laatu

puunkorjuussa ja uudistusalojen maanmuokkauksessa on erinomainen tai hyvä 95 %:lla pinta-alasta.

Keskeiset tarvittavat toimenpiteet vesiensuojelussa ovat ohjeistuksen ja suosituksen pitäminen ajan tasalla tuoreimpien tutkimusten perusteella, vesiensuojelun toteuttaminen kustannustehokkain menetelmin, pienvesien kunnostaminen ja valtakunnallisen seurantaverkoston perustaminen ja ylläpitäminen. Lisäksi on tarpeen lisätä metsätalouden vesistöille ja maaperälle aiheuttamien vaikutusten tutkimusta sekä vuoteen 2010 mennessä perustaa paikkatietojärjestelmä, jonka avulla voidaan arvioida metsätaloustoimenpiteistä aiheutuvaa syöpymisriskiä sekä havainnollistaa riskin muodostumiseen vaikuttavat valuma-alueen ominaisuudet. Paikkatietojärjestelmiä on tarkoitus hyödyntää alueellisessa vesienhoidon suunnittelussa ja toteutuksessa, joiden osana toteutetaan myös metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteitä.

Kansallisen metsäohjelman mainitsemat toimenpiteet:

- Metsätalouden vesiensuojelun ohjeistus ja suositukset pidetään ajan tasalla tuoreimpien tutkimusten ja käytännön kokemusten perusteella
- Vesiensuojelua toteutetaan metsätaloudessa kustannustehokkain menetelmin
- Kunnostetaan metsien pienvesiä, kuten puroja ja lähteitä, joita voidaan yksityismetsissä rahoittaa muun muassa luonnonhoitohankkeina
- Perustetaan ja ylläpidetään metsätalouden vesistökuormituksen valtakunnallinen seurantaverkosto
- Lisätään metsätalouden vesistöille ja maaperään aiheuttamien vaikutusten tutkimusta erityisesti ilmastomuutoksen näkökulmasta
- Vuoteen 2010 mennessä on käytettävissä paikkatietojärjestelmä, jonka avulla voidaan arvioida metsätaloustoimenpiteistä aiheutuvaa syöpymisriskiä sekä havainnollistaa riskin muodostumiseen vaikuttavat valuma-alueen ominaisuudet.

#### Alueelliset metsäohjelmat

Happamia sulfaattimaita esiintyy etenkin Pohjois-Pohjanmaan ja Rannikon metsäkeskusten alueella, mutta myös Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella sijaitsee potentiaalisia riskialueita. Metsäkeskusten alueellisissa metsäohjelmissa viitataan vesipuidedirektiivin toimeenpanoon, mikä edellyttää alueellisten vesienhoitosuunnitelmien laatimista ympäristökeskusten johdolla. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaan metsäohjelman tarkistuksessa 2008 on tavoitteeksi asetettu, että metsätalous ei heikennä pinta- ja pohjavesien tilaa ja niiden tila on vähintään hyvä viimeistään vuonna 2015. Pohjois-Pohjanmaan ja Rannikon metsäkeskusten alueellisissa metsäohjelmissa 2006 - 2010 viitataan happamien sulfaattimaiden aiheuttamien vesistöhaittojen ehkäisemisen tehostamistarpeeseen.

#### 5.2.4. Muut ohjelmat

**Salaojituksen tavoiteohjelman 2002 – 2020** päämääränä on parantaa pellon vesitaloutta kestävä kehityksen toteuttamiseksi maataloudessa. Ohjelmassa todetaan seuraavaa: ”Tärkeitä tulevaisuuden tutkimusaiheita ovat muun muassa peltoviljelyn aiheuttaman kuormituksen kannalta keskeiset maaperän prosessit, savimaiden vesitalouden tehostaminen ja parantaminen, ilmastomuutoksen vaikutukset vesitalouteen sekä näihin liittyvät käytännön sovelutukset”. Ohjelmakauden aikana pyritään salaojittamaan puolet vielä avo-ojitettuina olevista pelloista ja uudistetaan tarvittava määrä olemassa olevia salaojia. Em. tavoiteohjelman kuivatustilannetietojen (v. 2001) perusteella tämä merkitsee Pohjanmaalla 38 500 ha:n ja Pohjois-Pohjanmaalla 55 000 ha:n salaojittamista. Pääosa näistä pelloista sijaitsee alle 100 m:n korkeudella merenpinnasta.

Valmisteltavana oleva **EU:n maaperän suojelun puite-direktiivi** edellyttää direktiivin mukaisten maaperän suojelua koskevien säännösten sisällyttämistä kansalliseen lainsäädäntöön. Tätä varten tarvittaneen nykyistä kattavampia tietoja maaperästä ja sen eliöstöstä. Myös valmisteilla oleva **prioriteettiainedirektiivi** tulee osaltaan koskettamaan happamia sulfaattimaita ja niiltä vesistöihin huuhtoutuvia metalleja.

EU:n yhteisen maatalouspolitiikan 2007 alkanutta ohjelmakautta varten Suomeen on laadittu **maaseudun**

**kehittämisstrategia** sekä **kehittämisohjelma**. Kehittämisohjelma on laadittu erikseen Manner-Suomelle ja Ahvenanmaalle. Kehittämisstrategia suuntaa Suomen maaseudun kehittämistä nyt alkaneella ohjelmakaudella. Sen tavoitteena on, että maa- ja metsätalouden harjoittaminen on taloudellisesti ja ekologisesti kestävä sekä eettisesti hyväksyttävää. Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelman tavoitteita ovat samansuuntaisesti elinvoimaisen ja toimivan maaseudun säilyminen, ympäristön tilan parantaminen ja uusiutuvien luonnonvarojen kestävä käytön varmistaminen. Tavoitteiden toteutumista tuetaan Euroopan neuvoston maaseutuasetuksen mukaisesti neljän toimintalinjan kautta: 1) Maa- ja metsätalouden kilpailukyvyn parantaminen, 2) Ympäristön ja maaseudun tilan parantaminen, 3) Maaseudun elinkeinoelämän monipuolistaminen ja maaseutualueiden elämänlaadun parantaminen, sekä 4) Leader -toimintatapa.

**Maaseudun kehittämisstrategiassa** ei viitata erikseen happamista sulfaattimaita johtuviin ongelmiin. Toimintalinjan 2 kohdalla todetaan yleisesti muun muassa, että maatalouskäytäntöjen tulee olla ympäristönäkökohdat huomioon ottavia ja, että niiden tulee vähentää maataloustuotannon vesistökuormitusta. Lisäksi tuotannon suunnittelussa ja harjoittamisessa tulee ottaa huomioon niistä aiheutuvat ympäristövaikutukset ja pyrkiä vähentämään ympäristöön haitallisella tavalla kohdistuvia toimintatapoja sekä edistää ympäristön tilaa kohentavien keinojen käyttöä. Strategiassa pyrkimyksenä on kohdistaa toimenpiteitä





juuri niille alueille, joilla maatalouden aiheuttama kuormitus on suurinta, nimeämättä kuitenkaan näitä alueita.

**Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma** sisältää strategiaa yksityiskohtaisemmin ne toimenpiteet, joilla painopistealueiden tavoitteet pyritään saavuttamaan. Kehittämisohjelmassa rehevöitymisen pysäyttäminen ja maatalouden ravinnekuormituksen vähentäminen ovat vesistövaikutusten kannalta päähuomion kohteena, mutta myös maankuivatuksen lisäämä happamien sulfaattimaiden ongelma on tunnustettu. Varsinaisten toimenpiteiden kohdalla maatalouden aiheuttamia happamoitumishaittoja pyritään vähentämään tukemalla valumavesien käsittelymenetelmiä, jotka kuuluvat ympäristötuen erityistukisopimusten piiriin. Valumavesien käsittelymenetelmien tukemisen yhtenä tavoitteena mainitaan, että happamilta sulfaattimailta tulevaa happamien vesien kuormitusta vähennetään estämällä peltomaiden kuivumista ylläpitämällä vedenpinta muokkauskerroksen alapuolella riittävän korkealla. Valumavesien käsittelymenetelmiksi mainitaan säätösalaajitus, säätökastelu sekä kuivatusvesien kierrätys.

### 5.2.5. Toimenpidelinjauksia

Happamat sulfaattimaat tulisi ottaa huomioon kaikissa valtakunnallisissa ja alueellisissa ohjelmissa, joilla on vaikutusta sulfaattimaa-alueiden kuivatukseen tai vesien-suojeluun. Tällaisia ohjelmia ovat esimerkiksi maaseudun kehittämisohjelmat, metsäohjelmat, maatalouden ympäristöohjelmat ja erilaiset kuivatustilaan vaikuttavat ohjelmat. Lisäksi tulisi laatia erillinen happamien sulfaattimaiden hallinnan strategia.

Happamia sulfaattimaita olisi perusteltua käsitellä omana kokonaisuutena, kun seuraavan kerran laaditaan valtakunnalliset vesiensuojelun suuntaviivat. Happamien sulfaattimaiden vaikutukset sekä vesien tilaan että vesiluonnon monimuotoisuuteen tulisi tällöin ottaa huomioon. Happamien sulfaattimaiden haittojen vähentämistoimia tulisi tarkentaa ja yhtenäistää vesienhoidon toimenpideohjelmissa ja vesienhoitosuunnitelmissa seuraavalla suunnittelukaudella eli vuosina 2012-2015.

Vastuu sulfaattimaiden aiheuttaman happamuuden huomioonottamisesta vesiensuojelua koskevissa ohjelmissa on ensisijaisesti ympäristöministeriöllä. Maa- ja metsätalousministeriöllä on puolestaan ensisijainen vastuu sulfaattimaiden aiheuttaman happamuuden huomioonottamisesta maaseudun kehittämisohjelmissa, metsäohjelmissa, maatalouden ympäristöohjelmissa ja peltujen kuivatustilaan vaikuttavissa ohjelmissa. Vastuu happamia sulfaattimaita koskevan erillisen strategian laadinnasta on sekä maa- ja metsätalousministeriöllä että ympäristöministeriöllä.

## 5.3. Tukijärjestelmät

### 5.3.1. Kuivatukseen liittyvä tuki

Valtio tukee peltoviljelyn paikallis- ja peruskuivatusta eri tavoin. Paikalliskuivatusta eli käytännössä peltosalaojitusta tuetaan maatalouden investointituella (laki maatalouden rakennetuista 1476/2007) ja viljelysalueiden peruskuivatusta peruskuivatustoiminnan tukemislain (947/1997) nojalla. Lisäksi säätösalaajitukseen, säätökasteluun ja kuivatusvesien kierrätykseen voidaan myöntää tukea maatalouden ympäristötuen erityistukena (laki luonnonhaittakorvauksesta, maatalouden ympäristötuesta sekä eräistä muista ympäristön ja maaseudun tilan parantamiseen liittyvistä tuista 1440/2006).

Maatalouden rakennetuen tavoitteena on maatalouden toimintaedellytysten ja kilpailukyvn kehittäminen. Vuonna 2008 otettiin käyttöön uudistetun maatalouden rakennetukilain (1476/2007) mukainen rakennetukijärjestelmä, jossa tavoitteisiin on lisätty maininta kestävä kehityksen periaatteiden noudattamisesta. Tämän tukijärjestelmän investointituet ovat haettavissa vuosittain annettavalla valtioneuvoston asetuksella siinä määriteltynä ajanjaksona. Vuosina 2008 ja 2009 tukea on voitu myöntää salaajitukseen korkotukilainan korkotukena enintään 20 % ja avustuksena enintään 20 % investointihankkeen hyväksyttävistä kustannuksista. Korkotuella tuetun lainan määrä voi olla enintään 70 % hyväksyttävistä kustannuksista. Edellisestä poiketen hakuajalla 22.5. - 30.6.2008 vireille tulleisiin hakemuksiin tukea voitiin myöntää yksinomaan korkotukena ja tällöin tuetun lainan määrä saattoi olla enintään 80 % hyväksyttävistä kustannuksista. Korkotukilainan myönnetään valtion talousarviosta (momentti 30.20.49) ja avustus Maatilatalouden kehittämisrahastosta.

Rakennetukilain nojalla on 22.5.2008 annettu valtioneuvoston asetus tuettavan peltosalaojituksen laatuvaatimuksesta ja tukikelpoisista enimmäiskustannuksista. Asetusta muutettiin 23.10.2008, minkä yhteydessä mm. ohuet esipäälysteet tulivat tuen piiriin. Asetus perustuu pääosin ministeriön työryhmän mietintöön valtion varoin tuettavan salaajituksen ehdoista ja peltoviljelyksen ravinnepestöjen vähentämisestä vuodelta 2006 sekä aikaisempaan maa- ja metsätalousministeriön asetukseen (204/2006). Asetuksessa määrätään muun muassa salaajaputken ja ympärysaineen teknisistä ominaisuuksista, salaajien asentamisesta, hyväksyttävän enimmäiskustannusten määräytymisestä sekä tuettavista enimmäisputkimääristä hehtaaria kohden. Asetukseen ei sisälly säätösalaajitukseen tai sen käyttöönottoon kannustavuuteen liittyviä määräyksiä. Peltosalaojitukseen investointitukea sai aluksi vain korkotukena enintään 20 prosenttia hyväksyttävistä



kustannuksista, mutta investointituen kohdentamisasetuksen (649/2008) päivityksen 23.10.2008 jälkeen myös 20 prosentin varsinainen avustus tuli mahdolliseksi.

Peltoalueiden peruskuivatusta tuetaan peruskuivatus-toiminnan tukemislain (947/1997) ja vastaavan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen (530/1998) perusteella. Lain mukaan peruskuivatuksella tarkoitetaan purojen ja valtaojien perkausta ja kaivua, putkiojen rakentamista sekä peltoalueiden pengertämistä riittävien edellytysten luomiseksi paikalliskuivatukselle, erityisesti salaojitukselle. Avustuksen osuus hyväksyttävistä kustannuksista on enintään 50 %, mutta jos vesiensuojelutoimenpiteet tai rakenneratkaisut ovat kalliita, voidaan näiden osalta enimmäismäärää korottaa 20 %. Tuen myöntämisen ehtona on, että hankkeen kustannukset ovat kohtuulliset saatuaan hyötyyn verrattuna ja että suunnitelmassa on riittävästi ja asianmukaisesti otettu huomioon ympäristön suojeluun ja hoitoon liittyvät seikat. Vaikka happamoitumisongelman vähentämisen kannalta paikalliskuivatus on peruskuivatusta merkittävämmässä roolissa, on arvioitu, että myös peruskuivatushankkeiden vesiensuojelutoimilla kuten pohjapadoilla ja laskeutusaltailta voidaan vaikuttaa happamoitumiskuormitusta vähentävästi.

### 5.3.2. Maataloustuet

Happamat sulfaattimaat on huomioitu maatalouden ympäristöohjelmassa 1995 - 1999, horisontaalisessa maaseudun kehittämisohjelmassa 2000 - 2006 ja Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmassa 2007 - 2013. Nämä ohjelmat ovat EU-osarahoitteisia ja osa EU:n yhteistä maatalouspolitiikkaa. **Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmassa 2007 – 2013** todetaan maatalouden ympäristötuen valumavesien käsittelymenetelmistä seuraavaa: "Happamilta sulfaattimailta tulevaa happamien vesien kuormitusta voidaan vähentää estämällä peltomaiden kuivuminen ylläpitämällä veden pinta muokkauksien alapuolella riittävän korkealla, jotteivät metallipitoiset, pelkistyneet sulfidikerrostumat pääsisi kuivumaan ja vapauttamaan happamuutta ja metalleja pelloilta valuvien valumavesien mukana vesistöihin. Toimenpide hidastaa happamuutta aiheuttavien yhdisteiden muodostumista pohjamaassa ja tasaa erityisesti kuivien kesien jälkeisiä happamien huuhtoutumien huippuja. Toimenpide estää vesistöjen rehevöitymistä ja happamista valumavesistä aiheutuvia haitallisia muutoksia vesiekosysteemeissä ja kalastossa.

Vuosittain annettavalla valtioneuvoston asetuksella säädetään kunakin vuotena haettavissa olevista ympäristötuen tukikohteista. Valtion talousarvion momentin 30.20.43 (maatalouden ympäristötuki, tuotantoeläinten hyvinvointituki ja ei-tuotannolliset investoinnit) määrärahojen niukkuus

on aiheuttanut sen, että joinakin vuosina ei kaikkia ympäristötuen erityistuen kohteiden hakua ole avattu, ts. uusia sopimuksia ei ole voinut hakea. Uusia sopimuksia on eri ohjelmakausilla voinut hakea eri erityistuista seuraavasti:

- Säättösalaajitus, säättökastelu ja kuivatusvesien kierrätys vuosina 1995, 2000, 2002 - 2006, 2008
- Kalkkisuodinojitus vuosina 1995, 2000 – 2004
- Happamien sulfaattimaiden kalkitseminen vuonna 1995
- Tehostettu kalkitus vuosina 2000, 2002 – 2004

Sekä peltojen tehostetun kalkituksen että kalkkisuodinojituksen sopimus voitiin tehdä koskemaan vain Lesti-, Ähtävän- ja Lapväärtinjoen jokivesistöjen valuma-alueella sijaitsevia pelloja. Happamien sulfaattimaiden kalkitseminen oli rajattu maantieteellisesti Pohjanlahteen laskevien jokien valuma-alueille Oulun ja Turun välillä, keskittyen silloisen Vaasaan läänin alueelle. Muut edellä mainitut erityistuet ovat olleet haettavissa koko maassa (Ahvenanmaalla on omat tukimuodot).

Edellä mainitut erityistuet ovat viisivuotisia sopimuksia, joissa tuki maksetaan viljelijälle vuosittain. Näiden maatalouden ympäristötuen hehtaarikohtainen tukitaso perustuu tukitasolaskelmiin, joissa viljelijöille toimenpiteestä aiheutuvista kustannuksista ja tulonmenetyksistä on vähennetty aiheutuvat hyödyt ja näin saatuaan lukuun on lisätty ns. transaktiokustannus. Yksittäisen tuettavan kohteen tuki perustuu suunnitelmaan. Vuodesta 2007 alkaneille sopimuksille voidaan myöntää tukea enintään 54 €/ha/v (säättösalaajitus), 108 €/ha/v säättökastelu ja 140 €/ha/v (kuivatusvesien kierrätys). Kausilla 1995 - 1999 ja 2000 - 2006 näihin erityistukiin sisältyi myös perustamiskustannukset, mutta kaudella 2007 - 2013 ainoastaan ylläpitokustannukset, koska EU-säädökset eivät enää sallineet kiinteiden kustannusten korvaamista ympäristötuessa. Tämä näkyy tukitason alentumisena nykyiselle ohjelmakaudelle siirryttäessä. Tavoite on vuosina 2007 – 2013 antaa vuosittain tukea 1 400 maatilalle valumavesien käsittelyyn, tai vastaavasti 9 000 ha/v tai 1 milj. euroa/v.

Maatalouden ympäristöohjelmaan 1995 - 1999, horisontaaliseen maaseudun kehittämisohjelmaan 2000 - 2006 ja Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmaan 2007 - 2013 on sisällytynyt kosteikon ja laskeutusaltaiden perustamisen ja hoidon tukeminen. Meneillään olevalla ohjelmakaudella kosteikkojen perustamista tuetaan ei-tuotannollisena investointina ja hoitoa ympäristötuen erityistukena.

Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmassa todetaan monivaikutteisen kosteikon hoidon toimenpiteellä mm. edistettävän vesiensuojelua maatalouden voimakkaasti kuormittamilla vesistö- ja rannikkoalueilla. Toimenpiteen toteutus onkin rajattu sellaisille alueille, joilla pelloja on yli 20 % vesistön tai valtaojan valuma-alueesta.

Toimenpidettä voidaan toteuttaa vain Suomenlahteen, Saaristomereen tai Selkämereen laskevien jokivesistöjen sekä sellaisten järvien valuma-alueilla, missä toimenpiteellä voidaan merkittävästi pienentää maatalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta ja lisätä maatalousalueiden luonnon monimuotoisuutta sekä edistää riista-, kala- ja raputaloutta. Toimenpidettä voidaan toteuttaa myös kohteilla, jotka on perustettu ei-tuotannollisten investointien tuella sekä kohteilla, joilla on ollut voimassa valtioneuvoston päätöksen (760/1995) tai valtioneuvoston asetuksen (644/2000) mukainen vastaava erityistukisopimus. Maatalouden ympäristöohjelman 1995 - 1999 mukaisesti 5-vuotisilla sopimuksilla perustetut laskeutusaltat ja kosteikot sekä maatalouden ympäristötukijärjestelmän 2000 - 2006 mukaisesti 5- tai 10-vuotisilla sopimuksilla perustetut kosteikot ja laskeutusaltat voivat tulla hoitosopimuksen piiriin sen jälkeen, kun aiempi erityistukisopimus on päättynyt.

Kosteikon perustamisen tuki on enintään 4 000 euroa/kosteikko-ha ja hoidon tuki enintään 450 euroa/ha/v. Tavoitteena on vuosina 2007 - 2013 vuosittain 250 maatilaa ja 250 hehtaaria mukaan toimenpiteen toteuttamiseen. Tuen vuosittaiseksi kokonaismääräksi on arvioitu 120 000 euroa.

Maatalouden suorien tukien ja mm. ympäristötuen saamisen edellytyksenä on täydentävien ehtojen noudattaminen. Täydentävien ehtojen tarkoituksena on mm. varmistaa viljelyn pellon hoito hyvän maatalouskäytännön mukaisesti ja että tuotannon ulkopuolelle jäävät pellot pysyvät viljelyn ja ympäristön kannalta hyvässä kunnossa. Täydentävät ehdot muodostuvat hyvän maatalouden ja ympäristön vaatimuksista sekä lakisääteisistä hoitovaatimuksista. Niihin sisältyy maaperän, pohjaveden ja luonnon suojelua, mutta ei peltojen kuivatukseen liittyviä toimia.

Neuvoston asetuksessa (1698/2005 EY) Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahaston (maaseuturahasto) tuesta maaseudun kehittämiseen on ns. artiklan 38 tuki. Kyseisessä artiklassa säädetään Natura 2000 -tuesta ja EU:n vesipuitedirektiivin täytäntöönpanoon liittyvistä tuesta. Jälkimmäisen tarkoituksena on olla välineenä vesipuitedirektiivin toimeenpanossa. Sen avulla on mahdollista kohdentaa tukitoimenpiteitä niiden vesistöjen valuma-alueille, joilla vesistön tila ei saavuta asetettua tavoitetilaa. Pääasiallinen keino kyseisen asetuksen tukijärjestelmien osalta vesipuitedirektiivin tavoitteiden saavuttamisessa on maatalouden ympäristötukijärjestelmä. Tämä ns. vpd-tuki voitaisiin ottaa käyttöön silloin, kun todettaisiin sen avulla voitavan tehostetusti tukea tietyillä alueilla vesipuitedirektiivin tavoitteiden toteuttamista. Varsinaisen tuen toimenpiteet ovat EU-komission käsittelyssä vielä jäsentymättömiä johtuen mm. neuvoston asetuksen mukaisten maaseudun kehittämisohjelmien ja vesienhoitosuunnitelmien eriaikaisuudesta. Asian valmistelun odotetaan etenevän vesien-

hoitosuunnitelmien valmistuttua. Mahdollisuutta ottaa käyttöön ns. artiklan 38 vpd-tuki osaksi Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmaa tulisi selvittää. Tukimuodon rahoituksessa voitaisiin hyödyntää EU:n maatalouspolitiikan terveystarkastuksessa lisämodulaatiosta vuodesta 2010 maaseudun kehittämiseen siirtyviä varoja.

MYTVAS 2-hankkeessa (2000 - 2006) on selvitetty, kuinka eri ympäristötukeen kuuluvat toimenpiteet vaikuttavat maataloudesta johtuvaan ympäristökuormitukseen ja ympäristön tilaan. Hanke jakautuu kahteen osakokonaisuuteen. Ns. Vesi-Mytvas -osio tarkasteli ympäristötuen toimenpiteiden vaikutuksia vesistöihin ja ilmaan kohdistuviin päästöihin, ja Luonto-Mytvas -osio puolestaan selvitti ympäristötuesta johtuvia muutoksia luonnon monimuotoisuudessa. Maaperän happamuuteen liittyvät selvitykset ovat kuitenkin olleet tässä hankkeessa melko vähäisiä.

### 5.3.3. Kestävän metsätalouden rahoituksesta annetun lain perusteella maksettavat tuet

#### Suunnittelutuki

Voimassa olevan kestävän metsätalouden rahoituksesta annetun lain, perusteella mm. metsän uudistamista ja suometsien kunnostusojitusta koskevat suunnittelukustannukset maksetaan metsänomistajille kokonaan maa- ja metsätalousministeriön määräämin perustein. Rahoituslakia koskevan *maa- ja metsätalousministeriön asetuksen nro 2/2008 5 §:n* perusteella usean tilan toteuttamina hankkeina kunnostusojituksen suunnittelutuki on enintään 148,5 €/osakastila ja 0,34 €/suunniteltu ojametri. Mikäli vesiensuojelutoimenpiteiden suunnittelussa vaaditaan tavanomaisesta suunnittelusta poikkeavia ja vaativampia lisätoimenpiteitä, suunnittelutukea voidaan korottaa enintään 50 % vastaamaan lisätoimenpiteistä aiheutuvia kustannuksia.

Metsän uudistamisessa valtion tukea voidaan myöntää kohteisiin, joissa puuston tuotos on alhainen verrattuna maan tuottokykyyn ja joissa puusto on vähäarvoista. Tukea voidaan myöntää myös ennestään puuttoman alueen metsittämiseen, jos alue on luontaisesti metsänkasvatukseen soveltuvaa. Myös luonnontuhon kohteiksi joutuneita alueita voidaan uudistaa valtion varoin. (MMM asetus nro 1311/1996 3 §). Metsän uudistamishankkeissa rahoituslain mukainen suunnittelutuki on enintään 65 €/ha, kun hankkeen pinta-ala on enintään 1,2 ha, ja tätä suuremmissa hankkeissa enintään 59,5 € + 18,5 €/ha. Luontaisessa uudistamisessa tuki on 40 % metsänviljelyhankkeen tuesta. Metsäteiden rakentamisessa suunnittelutuki vaihtelee yhteishankkeissa 2,52 – 3,08 €/m osakastilojen lukumäärästä riippuen. Perusparannushankkeissa tuki on 70 % edellä mainitusta tien rakentamisen suunnittelutuesta.

Tukea ei makseta tavanomaiseen, hakkuun jälkeiseen metsänuudistamiseen, vaan metsänomistaja vastaa omin varoin uudistamistöiden suunnittelusta ja toteutuksesta aiheutuvista kustannuksista.

## Toteutustuki

Kunnostusojitushankkeisiin sisältyvien vesiensuojelutoimenpiteiden toteuttamiseen myönnettävä tuki määräytyy samalla tavalla kuin muidenkin toteutustöiden tuki. Yhteishankkeina toteutetuissa kunnostusojitushankkeissa tuki vaihtelee 40 – 55 % todellisista toteutuskustannuksista rahoitusvyöhykkeillä I – II. Tuettavia kustannuksia ovat tällä hetkellä lähinnä vesiensuojelutoimenpiteiden toteutuskustannukset (esim. laskeutusaltaat, lietekuopat, pintavalutusalueen syöttöojat, patorakenteet yms.), mutta esim. rakenteiden alle jääviä metsäalueita ei tällä hetkellä korvata.

Yhteishankkeena toteutettavassa uuden metsätien rakentamishankkeessa toteutustuki on 20 – 30 %, ja perusparannushankkeessa 40 – 50 % todellisista toteutuskustannuksista rahoitusvyöhykkeillä I ja II.

## Lainsäädäntö muuttuu 2009

Uusi kestävän metsätalouden rahoituslaki (nro 544/2007) astunee voimaan vuoden 2009 aikana. Lain nojalla annettavassa valtioneuvoston asetuksessa tullaan tarkemmin säätämään valtion tuen suuruudesta eri toimenpiteisiin. Kunnostusojitus työläji laajenee suometsän hoidoksi, jonka osana voidaan edelleen rahoittaa myös kunnostusojitusta. Lain muutoksen myötä on edelleen tarkoitus myöntää korkeampaa suunnittelutukea suometsän hoitohankkeille, mutta sen lisäksi myös metsätien rakennus- sekä perusparannushankkeille, jos suunnittelutyö on tavanomaista suunnittelua vaativampaa. Vaativaksi suunnitteluksi voitaisiin luokitella myös happamilla sulfaattimailla tehtävä suunnittelu, jos alueella toteutetaan normaalista suunnittelusta poikkeavia toimenpiteitä kuten maanprofiilin kairauksia maaperän ominaisuuksien silmävaraista arviointia varten sekä maastossa tehtäviä pH-mittauksia.

Suometsien hoitohankkeissa voitaisiin vaativan suunnittelun lisäksi kokonaan valtion tuella rahoittaa vesiensuojelutoimenpiteiden (mm. laskeutusaltaat, pintavalutuskentät, padot, yksittäisten ojien umpeen kaivu) tekemisestä aiheutuneet työ- ja materiaalikustannukset. Tämä koskee myös rakenteiden alle jäävien maa-alueiden korvaamista (esim. pintavalutuskentät). Muissa työläjeissa (esim. metsänuudistaminen ja metsätiet) vesiensuojelutoimenpiteiden toteutuskustannuksiin myönnetään jatkossakin valtion tukea osana hankkeen toteuttamiskustannuksia: uudistamisessa 20 - 35 %, jos työ teetetään tilan ulkopuolisena työnä; uuden metsätien rakentamishankkeessa 25 - 40 % ja metsä-

tien perusparannushankkeessa 45 - 55 %, jos hanke toteutetaan yhteishankkeena. (Valtioneuvoston asetus kestävän metsätalouden rahoituksesta, luonnos 20.5.2008)

Kestävän metsätalouden rahoituslain mukaiset tuet myönnetään jatkossakin metsänomistajille, eikä tukivaroja voida myöntää esim. jollekin organisaatiolle riskialueiden kartoittamiseen. Vaikka kestävän metsätalouden rahoituslakiin perustuva tukijärjestelmä on suhteellisen joustava vesiensuojelun tehostamien kannalta, tukijärjestelmän toimeenpanoon suunnattavat määrärahat on budjetoitu ns. tavanomaisten vesiensuojelutoimenpiteiden suunnitteluun ja toteutukseen perustuen. Näin ollen tukitasot saattavat osoittautua riittämättömiksi, jos niillä pitäisi korvata tavanomaista tehokkaampia vesiensuojelutoimenpiteitä kuten maanäytteen keräämistä ja analysoimista tai happamien kaivumaiden kalkitsemista. Valtiontaloudessa ei ole tällä hetkellä varauduttu tämänkaltaisten kustannusten korvaamiseen. Tämän takia metsätalouden vesiensuojelun suunnittelussa ja toteutuksessa tulee noudattaa erityisen varovaisuuden periaatetta eli happamat maakerrokset on pyrittävä jättämään koskemattomiksi. Tarvittavien vesiensuojelutoimenpiteiden tulee olla vaikuttavia ja ne on suunniteltava ja toteutettava kustannustehokkaasti.

Kestävän metsätalouden rahoituslain nojalla rahoitettavista kunnostusojitushankkeista lähetetään jatkossakin suunnitteluvaiheessa ilmoitus ympäristöviranomaisille, kuten jo 1980-luvulla ojitushankkeista tehtiin. Ympäristöviranomaisen ja metsäkeskuksen kesken neuvotellaan tarvittaessa vesiensuojelusta aiheutuvista muutostarpeista kunnostusojitussuunnitelmiin. Samoin voidaan sopia myös kunnostustoimenpiteiden vesiensuojelun kannalta tarkoituksenmukaisimmasta ajoituksesta. Valtion rahoittamiin kunnostusojitushankkeisiin sisältyvät pakolliset vesiensuojelusuunnitelmat sisältävät yksityiskohtaiset kuvaukset kunnostusojituksessa toteutettavista vesiensuojelutoimenpiteistä.

## Metsäluonnon hoito

Metsätalouden vesiensuojelua on mahdollista tehostaa yksityisen metsänomistajien mailla myös metsäluonnon hoitohankkeisiin myönnettävällä tuella, jos toimenpiteellä on tavanomaista laajempi merkitys vesien ja vesiluonnon hoidon kannalta eikä kustannuksia voida osoittaa tietylle aiheuttajalle. Hankkeen kustannukset voidaan rahoittaa kokonaan rahoituslain mukaisella tuella.

## Kokeilu- ja selvitystoiminta

Tukea voidaan myöntää yksityisten maanomistajien metsien kestävää hoitoa ja käyttöä edistävään valtakunnallisesti merkittävään kokeilu- ja selvitystoimintaan. Maa- ja met-



sätalousministeriö päättää tuen myöntämisestä hankkeille vuosittain. Käytettävissä on vuosittain ollut alle 200 000 €, ja sillä on rahoitettu kestävän metsätalouden rahoitukseen liittyviä valtakunnallisia kokeilu- ja selvityshankkeita. Koska määrärahalla rahoitetaan myös useampia vuosia kestäviä hankkeita, varat voivat olla sidottuja useiksi vuosiksi eteenpäin. Näin ollen esim. riskialueiden kartoitukseen on tarpeen löytää muuta rahoitusta, ja selvittää esimerkiksi ministeriön yhteistutkimusmäärärahojen käytön mahdollisuutta. Viime vuosina määrärahaa on myönnetty erityisesti metsätalouden vesiensuojelua edistäviin hankkeisiin.

Uusi kestävän metsätalouden rahoituslaki on voimassa vuoden 2013 loppuun. Jos riskialueet pystytään siihen mennessä kartoittamaan riittävän kattavasti, voidaan tarkemmin arvioida, millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia metsätalouden lainsäädännön ja tukijärjestelmien muuttamiseen esiintyy vuoden 2013 jälkeen.

#### 5.3.4. Muut tukijärjestelmät

Maa- ja metsätalousmaiden tilusjärjestelyillä, joiden merkittävin toimituslaji on uusjako, pyritään saamaan aikaan suuria, yhtenäisiä pelto- ja metsälohkoja. Tällä tavoin pyritään korjaamaan nykyistä, joillakin alueilla hyvinkin pirstoutunutta tilusrakennetta, joka on osittain syntynyt yhteiskunnan ohjaaman maanjako- ja asutustoiminnan seurauksena 1800- ja 1900-luvulla. Viljelysmaan tiluskenteen pirstoutuminen on kiihtynyt Suomen EU:hun liittymisen jälkeen. Tilusjärjestelyjen tukemisen pääperiaatteet määritellään EU -säännöksissä. Kansallisesti tilusjärjes-

telyiden tukemisesta säädetään laissa uusjakojen tukemisesta (24/1981). Tilusjärjestelyiden yhteydessä tuettavia toimenpiteitä ovat perusparannukset eli tie- ja kuivatustyöt sekä toimituksen järjestäminen.

Valtion avustusosuus tilusjärjestelyn ja perusparannusten kustannuksista riippuu hankkeen tärkeydestä tilusjärjestelyjen yleisiin tavoitteisiin nähden. Hankkeesta ja tuettavasta kustannuksesta riippuen valtion osuus voi olla 10 – 100 prosenttia. Tilusjärjestelyn jälkeen valtio perii asianosaisilta tukipäätöksen mukaisesti osan tilusjärjestelyn ja sen yhteydessä tehtyjen perusparannusten kustannuksista. Käytännössä kuivatustöiden avustusprosentti on kymmenen viime vuoden aikana ollut enintään 50 prosenttia ja valtaojitusten tuki jopa 75 % (MMM:n tilusjärjestelystrategia 2008 - 2013, 2007). Valtio edistää tilusjärjestelyitä myös hankkimalla maata järjestelyssä jaettavaksi.

Tilusjärjestelyistä suurin osa on viime vuosina ollut maatalousyrittäjien tarpeista lähteviä peltotilusjärjestelyitä. Tilusjärjestelyjen tukemiseen on varattu valtion budjetissa viime vuosina 4-5 miljoonaa euroa. Tilusjärjestelyiden kysyntä näyttää olevan kasvussa erityisesti Pohjanmaalla, jossa myös suuri osa happamista sulfaattimaista sijaitsee. Viime aikoina kysyntä on kasvanut myös muilla alueilla, joten budjettiin varattavan määrärahan kasvattamiseen on painetta. Tilusjärjestelyitä haetaan maanmittaustoimistoista. Maa- ja metsätalousministeriö tekee tilusjärjestelykohtaisen tukipäätöksen toimitusmiesten laatiman tukihakemuksen sekä siihen liittyen maanmittaustoimiston ja Maanmittauslaitoksen lausuntojen perusteella.



### 5.3.5. Toimenpidelinjauksia

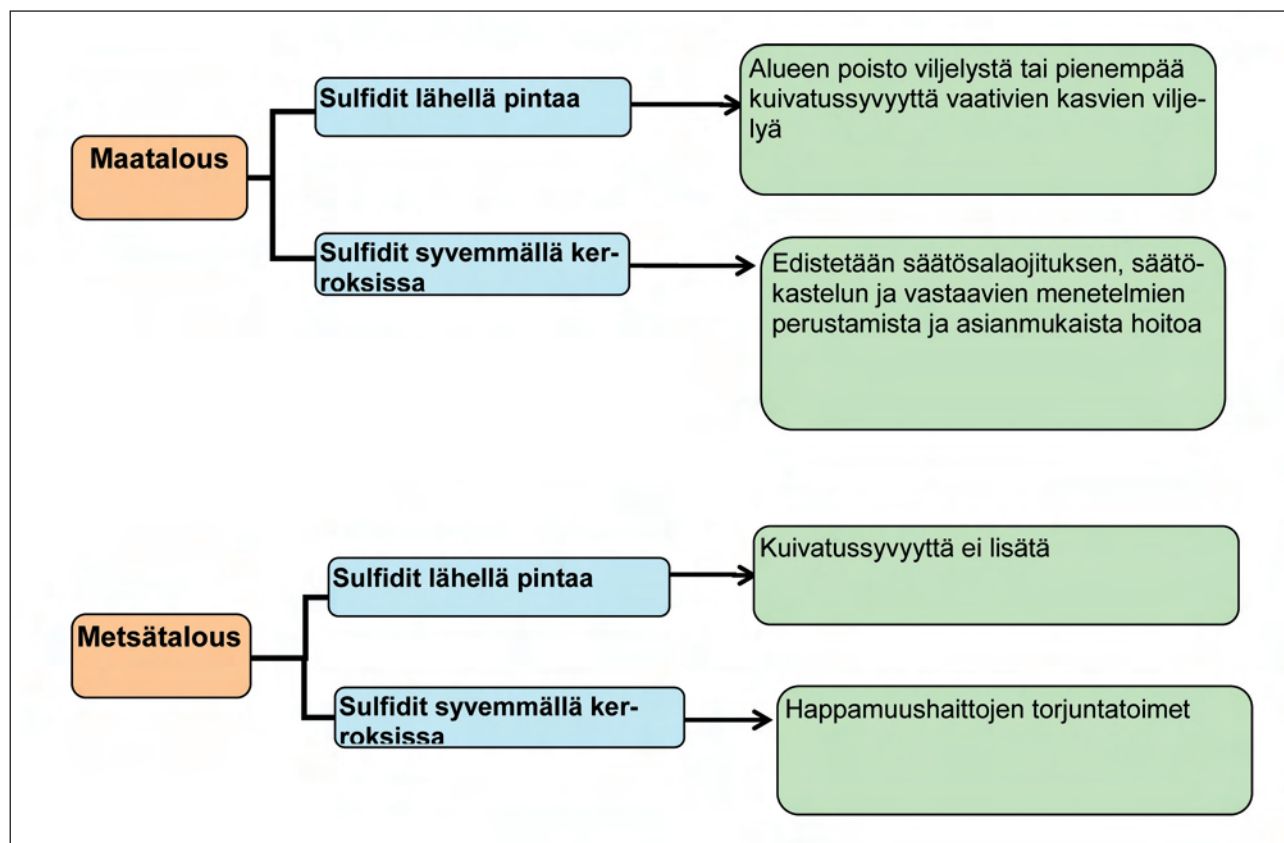
Kuivatuksen ja ympäristötoimenpiteiden tukemisen tulisi perustua riittävään ja luotettavaan tietoon maaperästä, jotta toimenpiteet ja tuen määrä voidaan kohdentaa kustannus-  
tehokkaasti ja läpinäkyvästi. Maaperätiedon kerääminen tulisi toteuttaa ensisijaisesti julkisin varoin hyödyntämällä jo aikaisemmin tehtyjä kartoituksia. Koska kattavan kartoitus-  
tiedon saaminen koko Suomen happamista sulfaattimaista tulee viemään vielä useita vuosia, tulisi hankekohtainen sulfaattimaiden toteaminen ja maaperän pH-määrytykset saada tukirahoituksen piiriin. Näin hankittujen kartoitustietojen tulisi olla kaikkien viranomaisten käytettävissä.

Peruskuivatushankkeiden tukemisen ehtona happamilla sulfaattimailla tulisi olla happamuuden hallinnan suunnitelma. Sulfaattimaiden selvittämistä ja tarvittavien erityisten vesiensuojeluratkaisujen suunnittelua ja toteutusta tulisi tukea riittävästi.

Maatalouden tukijärjestelmää tulisi muuttaa niin, että se ottaa selkeästi huomioon happamien sulfaattimaiden hallinnan. Pahimmilla sulfaattimaa-alueilla (sulfidikerrokset hyvin lähellä maan pintaa, < 1,5 m) tulisi tukea esimerkiksi peltojen kuivattamisen lopettamista, mikä käytännössä merkitsisi niiden poistamista viljelystä. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi niin kutsutun luontoarvokaupan

avulla (MMM 2008) ja tätä menettelyä voitaisiin kutsua myös luonnonhaitan torjunnaksi. Luontoarvokaupassa valtio hyvittäisi viljelystä poistetut alueet korvauksin tai lunastamalla alueet tai alueen luontoarvot määrääjäksi tai kokonaan. Luontoarvokauppa koskisi vain pientä osaa sulfaattimaa-alasta, sillä yleensä sulfidikerrokset ovat syvemmällä. Lisäksi tulisi kehittää tukimuoto, jolla edistettäisiin pienempää kuivatussyvyyttä vaativien kasvien viljelyä happamilla sulfaattimailla. Tältä osin tulisi selvittää myös ns. vesienhoitotuen mahdollisuus (Neuvoston asetus maa-seudun kehittämistä, artikla 38 ns. vpd-tuki).

Nykyisten valumavesien käsittelytoimenpiteiden, erityisesti säätösalaajituksen ja säätökastelun, toteuttamista tulisi tukea investointituen kautta ja ylläpitoa nykyiseen tapaan ympäristötuen erityistukien kautta. Tukien ehtona tulisi olla kuivatusjärjestelmän oikea hoito, mikä puuttuu nykyisistä tukijärjestelmistä. Lisäksi tukien tulisi kannustaa säätösalaajitukseen ja säätökasteluun ryhtymistä nimen omaa happamilla sulfaattimailla, mikäli ko. menetelmät ovat alueella olosuhteet huomioon ottaen tehokkaita. Kosteikkotukea tulisi suunnata nykyistä enemmän happamille sulfaattimailla ja poistaa tukiehdoissa rajausta, joka suuntaa tuen ensisijaisesti Merenkurkun eteläpuolelle. Sulfaattimaiden hankekohtainen selvittäminen tulisi kuulua tuettavien toimenpiteiden piiriin niin kauan, että valtakunnallinen kartoitus on valmistunut.



Kuva 3. Ehdotus maaperän happamuuden huomioon ottamisesta maa- ja metsätalouden tukijärjestelmissä.



Kamera -rahoituksessa (kestävän metsätalouden rahoituslain perusteella maksettavat tuet) tulisi happamat sulfaattimaat ottaa tuen piiriin niin, että tuki kattaisi happamien sulfaattimaiden haittojen torjunnasta aiheutuvien lisätoimenpiteiden kustannukset (kuva 3). Sulfaattimaiden hanketohtainen selvittäminen tulisi kuulua tuettavien toimenpiteiden piiriin niin kauan, että valtakunnallinen kartoitus on valmistunut. Happamilla sulfaattimaille suunniteltavat ja toteutettavat vesiensuojelutoimenpiteet tulisi katsoa korotettua tukea saaviksi tavanomaista vaativimmiksi toimenpiteiksi.

Tilusjärjestelyiden tukemista koskevissa säädöksissä ei ole viittauksia ympäristön suojeluun tai hoitoon. Tilusjärjestelyiden tukemissäädöksiä tai tilusjärjestelytoimintaa tulisikin kehittää siten, että järjestelyiden yhteydessä tehtävissä kuivatustöissä otettaisiin huomioon ympäristön ja vesiensuojelun näkökohdat yhdenmukaisesti muun maa- ja metsätalouskuivatustoiminnan kanssa etenkin happamien sulfaattimaiden alueilla.

Vastuu sulfaattimaiden aiheuttaman happamuuden riittävästä huomioinnista maatalouden ja metsätalouden tukijärjestelmissä sekä niiden tukijärjestelmien kehittämisestä on ensisijaisesti maa- ja metsätalousministeriöllä.

## 5.4. Ohjeet ja suositukset

### 5.4.1. Maataloutta ja yleistä kuivatusta koskevat ohjeet ja suositukset

Maa- ja metsätalousministeriö asettaman työryhmän tuloksena julkaistiin keväällä 2007 uusi maankuivatuksen ja kastelun suunnitteluopas (Pajula et al., 2007). Suunnitteluopas on julkaistu sähköisesti, ja sitä on tarkoitus päivittää vesilain mahdollisen uudistuksen toteutuessa. Oppaassa on esitetty kattavasti maankuivatuksen suunnitteluun ja tekniseen toteutukseen liittyvät näkökohdat, teknilliset sekä ympäristölliset ohjeet sekä laatuvaatimukset. Oppaassa on keskitytty maatalousalueiden kuivatukseen, mutta myös metsäojituksia on käsitelty lyhyesti. Opasta laatiessa kiinnitettiin huomiota myös happamien sulfaattimaiden ongelmiin: esimerkiksi salaoituksen ja kuivatussyvyyden kasvun merkitys alapuolisen vesistön happamoitumisessa on tunnistettu ja peruskuivatuksen sekä (säättö)salaoituksen suunnitteluohjeissa on suosituksia siitä, miten happamoitumishaittoja tulee pyrkiä vähentämään ongelmalueilla. Esitetyt suositukset liittyvät happamien sulfaattimaiden esiintymisen kartoittamiseen, kuivatussyvyyden vähentämiseen pohjapadoilla ja säättösalaoituksella sekä äkillisiä vedenlaadun muutoksia tasaaviin kosteikkoihin. Myös kalkkisuodinojat on mainittu yhtenä mahdollisuutena happamoitumishaittojen torjumiseksi.

Vesi- ja ympäristöhallitus on julkaissut vuonna 1988 oppaan maankuivatuksen suunnittelusta happamilla sulfaattimaille (Palko et al., 1988).

### 5.4.2. Metsätaloutta koskevat ohjeet ja suositukset

Nykyiset metsätalouden vesiensuojelua koskevien ohjeiden ja suositusten keskeisenä tarkoituksena on ollut vesistöihin kohdistuvan kiintoaine- ja ravinnekuormituksen vähentäminen. Niiltä osin suositukset ovatkin melko kattavat (mm. metsätalouden vesiensuojelu 2007, metsätalouden ympäristöopas 2004, metsänhoitosuosituksien 2006, metsätalouden vesiensuojelu kouluttajan opas 2004). Samat toimenpiteet voivat jossain määrin pienentää myös vesistöjen happamoitumisriskiä, mutta varsinaiset happamoitumista ehkäisevät metsätalouden toimenpideohjeet puuttuvat tällä hetkellä lähes kokonaan. Vesiensuojelua koskevissa suosituksissa lähinnä todetaan, että sulfaattimaakerrosten esiintyminen tulisi selvittää riskialueilla, oja ei tulisi kaivaa alkuperäistä syvemmäksi sekä kaivumaiden kalkituksen mahdollisuus. Suositukset eivät sisällä maakerrosten tutkimiseen käytettäviä menetelmiä.

Metsätalouden vesiensuojelua koskevien ohjeita jatkossa uudistettaessa olisikin syytä kiinnittää huomiota siihen, miten menetellen sulfaattimaille tehtävien metsätalouden toimenpiteiden yhteydessä voitaisiin välttää vesien ja maaperän happamoitumista. Metsätaloustoimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa riskialueiden kartoituksesta tulee olemaan huomattavaa hyötyä.

Metsänomistajien ja puunostajien yhdessä laatimaan, vapaaehtoiseen metsäsertifiointijärjestelmään, johon ovat liittyneet lähes kaikki metsänomistajat, sisältyy myös vesiensuojelun kannalta oleellisia vaatimuksia. Metsäsertifiointijärjestelmään tarkistetaan määräajoin ja vesiensuojelun edistäminen on eräs kehittämisen alla olevista teemoista.

### 5.4.3. Turvetuotantoa koskevat ohjeet ja suositukset

Yli 10 ha:n laajuiset turvetuotantoalueet ovat ympäristönsuojeluasetuksen nojalla ympäristölupavelvollisia. Em. pienempää tuotantoaluetta koskee ympäristönsuojelulain 28 §:n mukainen yleinen luvanvaraisuus, jos toiminnasta saattaa aiheutua vesistön pilaantumista. Luvista annetaan määräyksiä mm. tuotantoalueella tarvittavista kuivatusta- ja vesienkäsitteilyrakenteista. Turvetuotantoalueiden luonteen vuoksi varsinaisia päästörajoja kuormitukselle ei yleensä ole joitakin poikkeustapauksia lukuun ottamatta annettu. Turvetuotantoalueen ympäristölupa on yleensä myönnetty toistaiseksi voimassaolevana, mutta määräykset on määrätty tarkistettavaksi noin 10 vuoden välein.

Suurille, yli 150 hehtaarin turvetuotantoalueille, on tehtävä ympäristövaikutusten arviointi ennen kuin hankkeelle haetaan ympäristölupaa. Turvetuotannon ympäristöluvis-  
sa ratkaistaan toiminnan vesiensuojelu tapauskohtaisesti. Turvetuotannon sijoittumista suunnataan jo ojitetuille alueille.

Turvetuotannon ympäristönsuojelua ohjataan valtakunnallisilla ohjeilla. Nykyisen ohjeen (Värynen ym. 2008) tavoitteena on mm. opastaa hyvien lupahakemusten laadintaan sekä käytännön toimintaan, jossa on huomioitu viimeisimmät ympäristönsuojeluväitimet. Turveteollisuusliitto (2008) on laatinut Turvetuotantoalueiden jälkikäyttö -oppaan alan toimijoille turvetuotantoalueiden jälkikäytön suunnittelua varten. Molemmissa em. oppaissa on tuotu esille suonpohjien mahdollisten sulfidisedimenttien ympäristöriskit ja ympäristönsuojeluoppaassa on mainittu myös mustaliuskekalliooperan alueet riskikohteina. Ympäristöoppaassa on mainittu toimenpiteenä happamien ojamaiden kalkitus. Jälkikäyttöoppaassa esitetään rikin

ja happamuuden yhteisvaikutusten selvittämistä vesiliukoisien rikin ja pH:n mittauksin suonpohjalta sekä näille ohjeellisia raja-arvoja. Oppaassa ohjeistetaan myös pohjamaanäytteiden ottamista. Toimenpiteinä tuodaan esille kalkitus viljeltäessä, turpeen käyttö eristeinä vesitettäessä ja joissakin tapauksissa alueelta purkautuvien vesien erikoiskäsittely. Lisäksi todetaan, että jälkikäytön kannalta kriittiset sulfidisedimentit eivät ole ainoastaan sulfidisavia. Korkeita sulfidipitoisuuksia voi esiintyä kaikissa karkeusasteissa eli myös keskikarkeissa ja karkeissa maalajeissa.

Useiden toimijoiden aloitteesta maa- ja metsätalousministeriö käynnistää yhteistyössä työ- ja elinkeinoministeriön kanssa kansallisen suo- ja turvemaiden strategian valmistelun vuonna 2009. Strategian tavoitteena on luoda yhtenäinen, ajantasainen näkemys soiden ja suoluonnon sekä turvemaiden monipuolisesta ja kestävästä käytöstä sekä sovittaa yhteen soiden ja turvemaiden eri käyttötarpeita. Strategiaa laatimaan asetetaan työryhmä, jonka toimikausi jatkuu vuoden 2010 syksyyn.



#### 5.4.4. Tilusjärjestelyä koskevat ohjeet ja suositukset

Tilusjärjestelyillä parannetaan tiluksia vaihtamalla tilusjoitusta ja edistetään kiinteistöjen tarkoituksenmukaista käyttöä. Järjestelyjä on perinteisesti tehty alueilla, joiden kiinteistörakenne on pirstoutunut. Tilusjärjestely tehdään maanomistajien, maanmittaustoimiston ja muiden maankäytön asiantuntijoiden yhteistyöhankkeena. Tilusjärjestelyssä noudatetaan kiinteistönmuodostamislain sekä eräiden muiden lakien uusjakoa koskevia pykäläiä. Valtio maksaa tilusjärjestelyn ja perusparannusten kustannukset jaon aikana. Järjestelyn jälkeen valtio perii asianosaisilta tukipäättöksen mukaisesti osan tilusjärjestelyn ja sen yhteydessä tehtyjen perusparannusten kustannuksista.

Maa- ja metsätalousministeriö on laatinut tilusjärjestelystrategian vuosiksi 2008 - 2013. Strategia käsittelee tilusjärjestelytoiminnan politiikkatason ja ohjauksen periaatteita. Sen tavoitteissa on asianmukaisesti tunnistettu tarve poikkihallinnollisen yhteistyön ja vuorovaikutuksen kehittämiseksi. Tilusjärjestelytoiminnassa pyritään jatkossa kiinnittämään aiempaa enemmän huomiota esimerkiksi tulva- ja vesiensuojeluun liittyviin kysymyksiin. Strategiasa mainitaan muun muassa, että mahdollisista ympäristövaikutuksista tulee olla selvillä ja tarpeellisista selvityksistä ja toimenpiteistä sovitaan tarvittaessa alueellisen ympäristökeskuksen kanssa. Uuden kokonaisvaltaisen lähestymistavan tavoitteena on toimia pohjana lainsäädännön, rahoitusmekanismien sekä toiminnan kehittämiseksi jatkossa.

Tilusjärjestelyiden hoito kuuluu Maanmittauslaitoksen ja aluetasolla maanmittaustoimistojen tehtäviin. Maanmittauslaitos on asettanut vuosiksi 2007 - 2013 toiminnalleen seuraavat strategiset päämäärät:

- Asiakaslähtöisyys
- Tiedottaminen ja aktiivinen sidosryhmäyhteistyö
- Toimintaympäristön muutosten huomioon ottaminen
- Tutkimus- ja kehittämistoiminnan jatkaminen
- Resurssien turvaaminen.

Maanmittauslaitoksen strategia keskittyy kattavasti tilusjärjestelytoiminnan kehittämiseen ja toimintaympäristön muutosten sekä erilaisten tavoitteiden huomioon ottamiseen, mutta ympäristön suojelun ja hoidon näkökulmat eivät nouse vielä yhtä konkreettisesti esiin kuin vastaavat maa- ja metsätalousministeriön laatimassa uudessa politiikkatason strategiassa. Tilusjärjestelyjen käytännön toteuttamista tukemaan on laadittu yksityiskohtainen ohjeisto (Toimitusmenettelyn käsikirja), jossa on muun muassa annettu selkeät ohjeet mihin viranomaisiin on oltava yhteydessä ja mitä säädöksiä on otettava huomioon tilusjärjestelytoimituksen eri vaiheissa. Kuivatushankkeiden osalta ohjeistossa on todettu, että alueelliselta ympäris-

tökeskukselta tulee pyytää lausunto asiasta. Lisäksi kuivatushankkeiden on täytettävä niitä koskevien rahoitus- ja muiden lakien ehdot, jos hankkeet toteutetaan näiden lakien edellyttämien suunnitelmien mukaisesti.

Tilusjärjestelytoimituksissa voidaan vesiensuojelutoimenpiteet järjestää laajana kokonaisuutena, mikä antaa hyvät mahdollisuudet teknis-taloudellisesti parhaiden vesiensuojelutoimenpiteiden toteuttamiselle. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaalla on toteutettu kaksi laajaa ojitushanketta uusjakojen yhteydessä, joissa on kartoitettu sulfaattimaiden esiintymistä ja pyritty estämään kuormituksen muodostumista kuivatussyvyyttä säätämällä. Lisäksi on seurattu mahdollisen happamuuskuormituksen vesistövaikutuksia ja kalatalousvaikutuksia. Uusjakohankkeiden kuivatustöiden ympäristövaikutuksiin ja erityisesti happamuuskuormituksen uhkiin ei kuitenkaan välttämättä kiinnitetä riittävästi huomiota eikä tilusjärjestelyä koskevissa ohjeissa ole mainintaa kuivatustöiden riskeistä happamilla sulfaattimailla.

#### 5.4.5. Muut ohjeet ja suositukset

Happamien sulfaattimaiden alueilla tehty ruoppaukset voivat aiheuttaa happamoitumishaittoja alueen vesistöissä ja niiden vaikutusalueella. Ruoppauksia koskevissa ohjeissa (mm. Majuri 2003) korostetaan mm. seuraavia asioita:

- Varmistetaan ruoppaustoimien tarpeellisuus
- Selvitetään voidaanko sulfaattimaa-alueiden ruoppaustoimet korvata muilla toimenpiteillä
- Tehdään ruoppauksista ilmoitus vesialueen omistajille ja ympäristöviranomaisille
- Suunnitellaan ruoppaukset siten, että massamäärät jäävät mahdollisimman pieniksi
- Sijoitetaan ruoppausmassat riittävän kauas vesistöstä ja tarvittaessa kalkitaan ruoppausmassoja riittävästi.

#### 5.4.6. Toimenpidelinjauksia

Kuivatusta, uusjakoa, maataloutta, metsätaloutta, turvetuotantoa ja ruoppauksia sekä muitakin vastaavia toimenpiteitä koskevia ohjeita tulisi täydentää siten, että ne sisältäisivät konkreettiset ohjeet happaman sulfaattimaan toteamisesta ja happamuushaittojen torjumiseksi tarvittavista toimenpiteistä. Vaikka maankuivatuksesta ja kastelusta on julkaistu uusi opas vuonna 2007 ja oppaassa on kuivatusten aiheuttamat happamoitumisriskit useassa kohdassa tunnistettu, niin oppaan päivitystarve happamuuden osalta tulisi selvittää esimerkiksi samassa yhteydessä, kun oppaaseen tehdään vesilain mahdollisesta uudistamisesta aiheutuvat päivitykset.

Tilusjärjestelyihin liittyvissä ohjeissa ja tilusjärjestelyiden yhteydessä tehtävissä kuivatustöissä tulisi ottaa nykyistä



paremmin huomioon happamien sulfaattimaiden aiheuttamat riskit. Tilusjärjestelyihin liittyviä valtion tukisäädöksiä kehittämällä olisi mahdollista ohjata toimintaa kuormitusta vähentävään suuntaan korostamalla esimerkiksi seuraavia seikkoja happamien sulfaattimaiden esiintymisalueilla:

- Kuivatustöiden suunnittelussa tulisi edellyttää otettavaksi huomioon kuivatusten aiheuttamat kuormitusuhat
- Hankkeen kustannusarviossa tulisi varautua happamien sulfaattimaiden kartoituksen, vesiensuojelutoimenpiteiden suunnittelun ja toteutuksen edellyttämiin lisäkustannuksiin, ja lisäkustannukset tulisi ottaa huomioon valtion tuessa.

Turvetuotannon ohjeessa tulisi korostaa turvetuotantoon varattujen ja varattavien soiden sulfidikerrosten esiintymisen selvittämistä. Uudet tuotantoalueet tulisi ensisijaisesti suunnata alueille, joilla happamuuskuormitusriskiä ei ole tai kuormitus on vähäistä. Mikäli tuotannolle haetaan lupaa riskialueella, tulee luvassa määriteltäväksi kuormituksen estämis- ja vähentämistoimenpiteet. Lisäksi ohjeistuksessa tulisi kiinnittää huomiota myös jälkihoidon ja jälkikäytön aiheuttamaan kuormitusriskiin.

Maa- ja metsätalousministeriöllä on yhdessä ympäristöministeriön kanssa päävastuu maankuivatukseen, tilusjärjestelyihin, maa- ja metsätalouteen ja turvetuotantoon liittyvän valtakunnallisen ohjeistuksen ja säätelyn kehittämisessä.

## 5.5. Tiedotus ja neuvonta

### 5.5.1. Nykytila

Neuvonta ja tiedottaminen ovat erittäin tärkeitä työkaluja sulfaattimaista aiheutuvien happamuusongelmien hallinnassa. Tähän asti maa- ja metsänomistajien neuvonnassa on harvoin kiinnitetty huomiota happamien sulfaattimaiden kuivatuksesta aiheutuviin happamuushaittoihin. Myös muut toimijat, kuten kaavoittajat, metsäsuunnittelijat, tie-suunnittelijat, tilusjärjestelyistä vastaavat ja ruoppauksia suunnittelevat ja toteuttavat tahot ovat olleet huonosti tai ei lainkaan tietoisia happamien sulfaattimaiden aiheuttamista riskeistä. Yksi syy huonoon tietoisuuteen on happamia maita ja niiden aiheuttamia haittoja käsittelevän tiedotusmateriaalin puute.

Viljelijöille suunnattua maaperän happamuuteen liittyvää neuvontamateriaalia on tarkoitus laatia vuosina 2009-2010 Österbottens Svenska Producentförbund ve-

tämässä projektissa. Lisäksi tiedotuksen ja neuvonnan kehittäminen on vahvasti mukana esimerkiksi valmisteilla olevassa sulfaattimaita käsittelevässä laajassa tutkimus- ja kehityshankkeessa (Catermass -hanke, Liite 5), johon pyritään saamaan rahoitusta muun muassa EU Life+ rahoitusjärjestelmästä sekä suunnitteilla olevissa aluekehityshankkeissa. Kaikissa näissä hankkeissa maaperän happamuuteen liittyvä tiedotus ja neuvonta painottuvat maatalouteen.

### 5.5.2. Toimenpidelinjauksia

Ainakin seuraavia neuvontaan ja tiedotukseen liittyviä toimenpiteitä tarvitaan:

- Maa- ja metsätalouden harjoittajille tilakohtaista opastusta ja neuvontaa sekä tiedotusmateriaalia
- Koulutusta kuivatuksen suunnittelijoille ja toteuttajille sulfaattimaiden huomioimiseksi maan kuivatusta muuttavien toimenpiteiden yhteydessä
- Koulutusta kaavoituksesta, tiesuunnittelusta ja tilusjärjestelyistä vastaaville tahoille
- Opastusta ruoppaushankkeiden suunnittelijoille ja toteuttajille
- Tiedottamista metsätalouden toimijoille ja metsäalan sidosryhmille (esim. metsänomistajat, metsätalouden suunnittelu- ja toteutustyötä tekevät, oppilaitokset ym. sidosryhmät).
- Happamien sulfaattimaiden huomioonottamista eri oppilaitosten opetussuunnitelmissa, erityisesti maa- ja metsätalouteen sekä maankäytön suunnitteluun liittyvässä koulutuksessa
- Tiedotusmateriaalia suurelle yleisölle ja oppilaitoksille
- Laajaa tiedottamista tutkimus- ja seurantatuloksista
- Tiedonvälitysverkosto, joka varmistaa hyvän tiedonkulun akuuttien happamuusongelmien aikana eri viranomaisen, järjestöjen, tutkimuslaitosten ja muiden asianosaisten välillä konkreettisten toimenpiteiden varmistamiseksi.

Maa- ja metsätalouden neuvontajärjestöt, oppilaitokset, metsäkeskukset, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, TE-keskukset, ympäristökeskukset ja kunnat ovat keskeisiä toimijoita neuvonnan ja koulutuksen järjestämisessä. Tiedotuksen järjestämisessä voidaan hyödyntää Manner-Suomen maatalouden kehittämisohjelmaa ja maaseutuverkostoa. Neuvonnan tulee olla jatkuvaa ja sen tulee vastata alan uusinta tutkimustietoa. Tiedotuksessa ja neuvonnassa tulee erityisesti huomioida, että suurta ja pientä happamuushaittaa aiheuttavat alueet edellyttävät erilaisia toimenpiteitä.

# 6. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja haitat Suomessa

## 6.1. Esiintyminen

### 6.1.1. Kokonaisarviot

Suomessa käytetyt happamien sulfaattimaiden tunnistamismenetelmät ovat vaihdelleet tutkimuksesta ja kartoituksesta toiseen (Liite 1, kohdat A ja B). Käytetyt kriteerit poikkeavat lisäksi melkoisesti kansainvälisistä luokituskriteereistä, jotka ovat paljon tiukemmat kuin kansalliset raja-arvomme ovat olleet (Liite 1). Erilaisten kriteerien käyttö happamien sulfaattimaiden tunnistamisessa johtaa siihen, että eri julkaisuissa on esitetty hyvin erilaisia arvioita näiden maiden pinta-alasta Suomessa. Tiukkojen kansainvälisten kriteerien mukaan Suomessa on arvioitu olevan 48 000 – 130 000 ha maatalouskäytössä olevia happamia sulfaattimaita (Yli-Halla ym. 1999). Kun käytetään KUTI-tutkimuksen löysemiä kriteerejä, samasta aineistosta päästään 336 000 hehtaariin sulfaattimaita (kuva 4, Puustinen ym. 1994).

Syy siihen, että suomalaiset kriteerit vaikuttavat kansainvälisessä vertailussa melko löysiltä, löytyy maankäytöstä. Kansainväliset kriteerit on kehitetty ensisijaisesti riisinviljelyssä oleville maille, joita ei kuivateta syvältä. Kansainväliset kriteerit pyrkivät tunnistamaan sellaiset (riisinviljelyssä) olevat maat, joissa esiintyy sulfidien hapettumisesta aiheutuvia ongelmia. Tällaisessa käytössä syvällä olevista sulfidikerroksista ei aiheudu merkittävää haittaa viljelylle tai ympäristölle. Kansainvälisesti suomalaistyyppiset, tehokkaan kuivatuksen piirissä olevat happamat sulfaattimaat ovat hyvin poikkeuksellisia. Suomessa on todettu, että salaojitetulla viljelymaalla jopa 2 – 3 metrin syvyydessä olevat sulfidikerrokset voivat hapettua ja aiheuttaa valumavesien haitallista happamuutta (Joukainen ja Yli-Halla 2003). Siksi Suomessa on hyvin perusteltua käyttää erilaisia happamien sulfaattimaiden tunnistuskriteereitä kuin riisinviljelyalueilla.

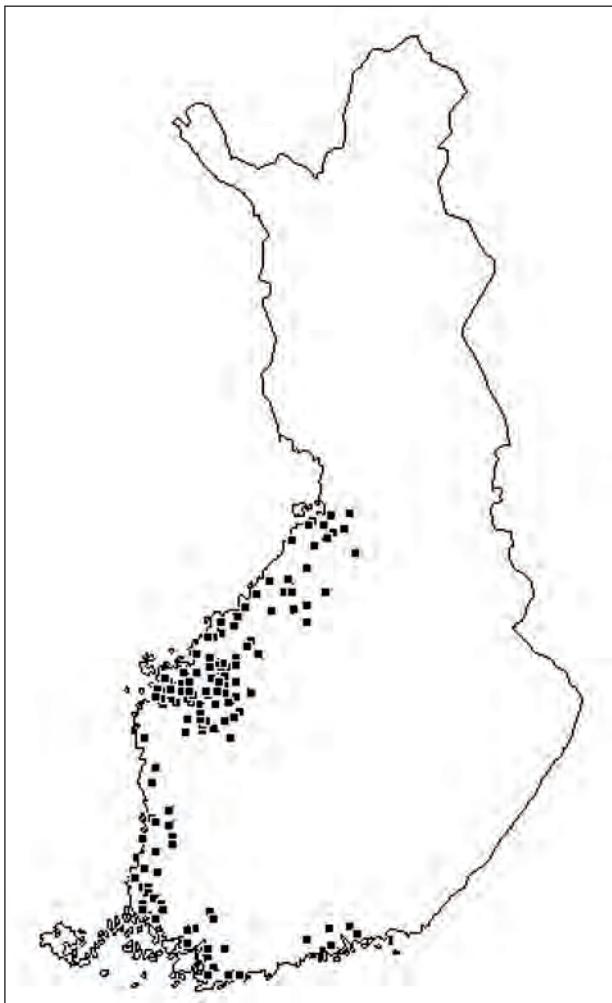
Sulfaattimaat eivät ole yhtenäinen ryhmä, vaan niiden aiheuttamien ympäristöongelmien vakavuus vaihtelee paljon. Suomessa on siis KUTI-tutkimuksen aineistosta tehdyn tulokinnan mukaan korkeintaan 48 000 – 130 000 ha sellaisia

happamia sulfaattimaita, jotka täyttävät kansainvälisetkin happamien sulfaattimaiden kriteerit. Voidaan hyvällä syyllä olettaa, että tällaiset viljelymaat aiheuttavat salaojitettuina merkittävää ympäristön happamoitumista. Näiden maiden lisäksi maassamme on KUTI-tutkimuksen alkuperäisen tulokinnan mukaan noin 200 000 ha sellaisia maita, joilla:

- 1) Sulfidikerrokset ovat kansainvälisiä kriteerejä syvemmillä
- 2) Happamuutta aiheuttavaa sulfidia on vähän
- 3) Maat ovat jo hapettuneet ja huuhtoutuneet.

Tällaisilta mailta tulee salaojitettunakin huomattavasti vähemmän happamuuskuormitusta. Happamuuden torjuntatoimet onkin syytä keskittää sellaisille maille, jotka tuottavat eniten happamuutta ympäristöön eikä kaikille omien kriteeriemme mukaan sulfaattimaiksi luettaville maille. Tämän perusteella saataisiin olla järkevää jakaa sulfaattimaat niiden aiheuttamien ympäristöongelmien vakavuuden perusteella useaan eri luokkaan (Liite 1, kohta A) ja arvioida tarkempi kartoituksen tarve esiintyvän riskin perusteella. Näin on tehtykin Sirppujoen valuma-alueen sulfaattimaiden kartoituksessa (Palko ym. 1985).

Sulfaattimaiden esiintymisalueet on tunnettava, jotta niiden aiheuttamien vesistöongelmien torjunta voidaan kohdentaa tarkoituksenmukaisesti ja toimet toteuttaa kustannustehokkaasti. Toimenpiteiden tarve ja niiden toteutumisen sekä kartoituksen kattavuuden arvioimiseksi tähän mennessä tehtyjen kartoitusten tulokset on saatava kootuksi paikkatieto-ohjelmissa käsiteltävissä olevaan muotoon. Tämän jälkeen tiedetään tarkemmin uusien kartoitusten tarve ja niiden kiireisimmät kohdealueet. Suomessa on aikojen kuluessa tehty paljon sulfaattimaiden inventointeja, joista useimmat kohdistuvat tiettyyn valuma-alueeseen ja liittyvät alueella toteutettavaksi suunniteltuun maankuivatushankkeeseen. Kattavaa ja yhdenmukaista kartoitustietoa happamien sulfaattimaa-alueiden esiintymisestä ei ole olemassa. Kartoituksen tulokset on yleensä julkaistu suppeasti erilaisissa raporteissa, eikä mikään taho ole koonnut näitä tietoja. Tästä syystä tarkka tieto sulfaattimaiden esiintymisestä on hajallaan. Lisäksi kartoitukset on tehty eri mittakaavoissa ja muutenkin erilaisia menetelmiä ja kriteereitä käyttäen tarkkuudella, joka on vaihdellut hankkeesta toiseen. Eri kartoitusten tulokset eivät ole tästä syystä yhteismitallisia. Suurimman liki yhtenäisin menetelmän toteutetun kokonaisuuden muodostavat 1980-luvulla Palkon johdolla toteutetut inventoinnit. Heterogeenisyydestään huolimatta olemassa olevat kartoitukset auttavat paikallistamaan happamia sulfaattimaita, ja näitä alueita voidaan käyttää esimerkiksi erilaisten toimenpiteiden koalueina.



Kuva 4. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen peltoalueilla (Puustinen ym. 1994).

### 6.1.2. Maatalousmaiden kartoitukset

Olemassa olevat kartoitukset käsittävät useimmiten pelkääntään tiedon sulfaattimaiden sijainnista tarkastellulla alueella. Muutamissa kartoituksissa sulfaattimaat ovat lisäksi luokiteltu sen mukaan, kuinka suuri happamuuskuormitus niistä on odotettavissa. Sen lisäksi, että tiedetään sulfaattimaiden sijainti, on tarpeen tietää myös se, kuinka syvältä maaprofiili on hapettunut ja miltä syvyydeltä hapettumaton sulfidipitoinen (potentiaalisen happamuuden) kerros alkaa (Kuva 5). Haitallisten vesistövaikutusten riski on sitä suurempi, mitä lähempänä pintaa sulfidipitoinen maakerros esiintyy. Tällaista tietoa ei yleensä ole saatavilla, sillä useimmiten kartoituksissa on tarkasteltu ennalta määrättyllä syvyydellä olevan maakerroksen (yleensä 40 – 60 cm) ominaisuuksia.

Suomen peltojen kuivatustilaa käsitelleen KUTI -hankkeen (Puustinen ym. 1994, liite 2) yhteydessä tehtiin otantaan perustuva koko Suomen kattava inventointi, jossa tutkittiin 1065 peltolohkoa. Kukin tutkittu lohko edusti noin 2100 ha:n peltoalaa. Tutkimuskuvion maaprofiili tutkittiin kahdessa pisteessä kahden metrin syvyyteen läpivirtauskai-  
raa käyttäen. Tutkimuksessa käytettyjen kriteerien mukaan noin 150 tutkitun lohkon katsottiin edustavan happamia sulfaattimaita. Tällä perusteella saatiin nykyisin usein esitetty arvio viljeltyjen sulfaattimaiden kokonaispinta-alasta maassamme:  $150 \text{ kpl} \times n. 2100 \text{ ha} = 336\,000 \text{ ha}$ . KUTI -tutkimus ei ottanut kantaa sulfaattimaanominaisuuden voimakkuuteen. Yli-Halla ym. (1999) tekivät samasta aineistosta toisen tulkinnan, jonka mukaan kansainväliset



Kuva 5. Maaperänäytteenotto Höykjärvin järvikuiviolla Pedersöressä ja paikallinen sulfaattimaaprofiili.





kriteerit täyttäviä happamia sulfaattimaita on maassamme 48 000 – 130 000 ha peltoa.

Kyrönjoen valuma-alueen happamat sulfaattimaat inventoitiin, kun joen suulla oli 1970-luvun alussa tapahtunut suuria kalakuolemia (Erviö 1975, liite 2). Maatalouden tutkimuskeskuksen tekemässä kartoituksessa otettiin maanäytteitä 220 pellolta. Tulokset on julkaistu yleisluontoisena karttana, ja ne on ilmoitettu myös sulfaattimaiden pinta-aloina peruskarttalehdittäin. Sulfaattimaiden kokonaisalaksi todettiin Kyrönjoen valuma-alueella 26 390 ha peltoa.

Uudenkaupungin makeavesialtaaseen laskevan Sirppujoen valuma-alueen happamat sulfaattimaat kartoitettiin vuonna 1984 tekemällä kairauksia yhteensä 340 pisteessä; kairaus 100 cm:n syvyyteen, pH-määritys 50 cm ja 90 cm syvyyksiltä. Analysoitavaksi (pH ja sulfaattiriikki) otettiin maanäytteitä 40 – 60 cm:n syvyydestä. Lisäksi tutkittiin tarkemmin 20 maaprofilia 150 – 200 cm:n syvyyteen. Sulfaattimaat, jotka ovat tässä kartoituksessa jaettu kolmeen luokkaan niiden aiheuttaman happamoitumisriskin perusteella. Sulfaattimaat on rajattu raportin liitteenä olevassa 1:50 000-mittakaavaisessa kartassa. Kartoitusta tarkennettiin vuonna 1994, jolloin tehtiin kairauksia 100 pisteestä ja työtä täydennettiin valumavesiseurannalla (Triipponen 1997). Sirppujoen alueiden sulfaattimaiden kokonaispinta-alaksi on arvioitu 4 228 ha (Palko et al 1985).

### 6.1.3. Metsätalousmaiden kartoitukset

Aiemmat sulfaattimaita koskeneet tutkimukset ovat kohdistuneet pääasiassa maatalousmaille. Tästä huolimatta metsätalouden riskialueiden kartoittamisessa voidaan hyödyntää olemassa olevaa ennakkotietoa maatalouden riskialueista. Happamien viljelymaiden läheisyydessä sijaitsevilla metsämailla happamuutta tuottavien maakerrosten esiintymisriski on luultavasti suurempi kuin metsätalousmailla keskimäärin. Sama koskee vakavasta happamoitumisesta kärsivien vesistöjen valuma-alueilla sijaitsevia metsätalousalueita.

Varsinaisia metsämailla tehtyjä vesistöjen tilaa ja metsätalouden happamoitumisvaikutuksia käsitteleviä tutkimustuloksia ja riskialueita koskevia selvityksiä on olemassa hyvin vähän ja kerätyt havainnot ovat yksittäisiltä alueilta (Willman 2006). Todennäköisesti happamien sulfaattimaiden kokonaispinta-alasta sijaitsee suhteellisesti pienempi osa metsätalousmailla kuin maatalousmailla. Metsätalouden aiheuttama, vesistöihin kohdistuva happamoitumisen lisääntyminen saattaa kuitenkin olla paikallisesti merkittävä etenkin silloin, kun toimitaan latvavesistöalueilla tai hankkeen valuma-alue on keskimääräistä suurempi tai poikkeuksellisen kuiva kesä alentaa pohjavedenpintaa normaalia alempiin maakerroksiin. Myös happamien

sulfaattimaiden vaikutuksia puuston kasvuun on tutkittu Suomessa melko vähän, ja vaikutusten erottaminen muista ympäristötekijöistä on osoittautunut vaikeaksi (Kubin 1999, Svensson ym. 2000, Merilä ym. 2002, Lindroos ym. 2007). Metsätaloustaloudessa olevien sulfaattimaaprofiilien kuvauksia tai tuloksia tällaisten maiden kemiallisista analyyseistä ei liene toistaiseksi julkaistu Suomessa lainkaan.

Kunnostusojituksen ja maanmuokkauksen vesiensuojelun parhaat käytännöt pilottihankkeessa (VESPA) vuonna 2006 voitiin todeta, että GTK:lla käytössä olevan ja valtakunnallisesti kattavan geofysikaalisen matalalentoinen avulla voidaan määrittää laaja-alaiset hienorakeiset maakerrostumat, jotka ovat potentiaalisilla happamilla sulfaattimaa-alueilla. Samalla on selvitettävissä näiden kivennäismaakerrosten päällä olevan turvekerroksen paksuus. Tämä tieto on oleellinen kunnostusojituksen suunnittelussa ja vesiensuojelussa (Makkonen ym. 2006).

### 6.1.4. Joki- ja purokartoitukset

Joki- ja purokartoituksia on tehty etenkin Pohjanmaalla ainakin 1970-luvulta. Tällöin on tutkittu aineiden huuhtoutumista happamista sulfaattimaista ja niiden vaikutusta veden laatuun (mm. Manninen 1970, Palko ym. 1985, 1988, Åström 1996, Åström ym. 1995, 1996, 1997). Muutamissa kartoituksissa on tutkittu rikki-isotooppeja, jotta on saatu tietoa veden alkuperästä (mm. Backlund ym. 2005, Åström ym. 2005).

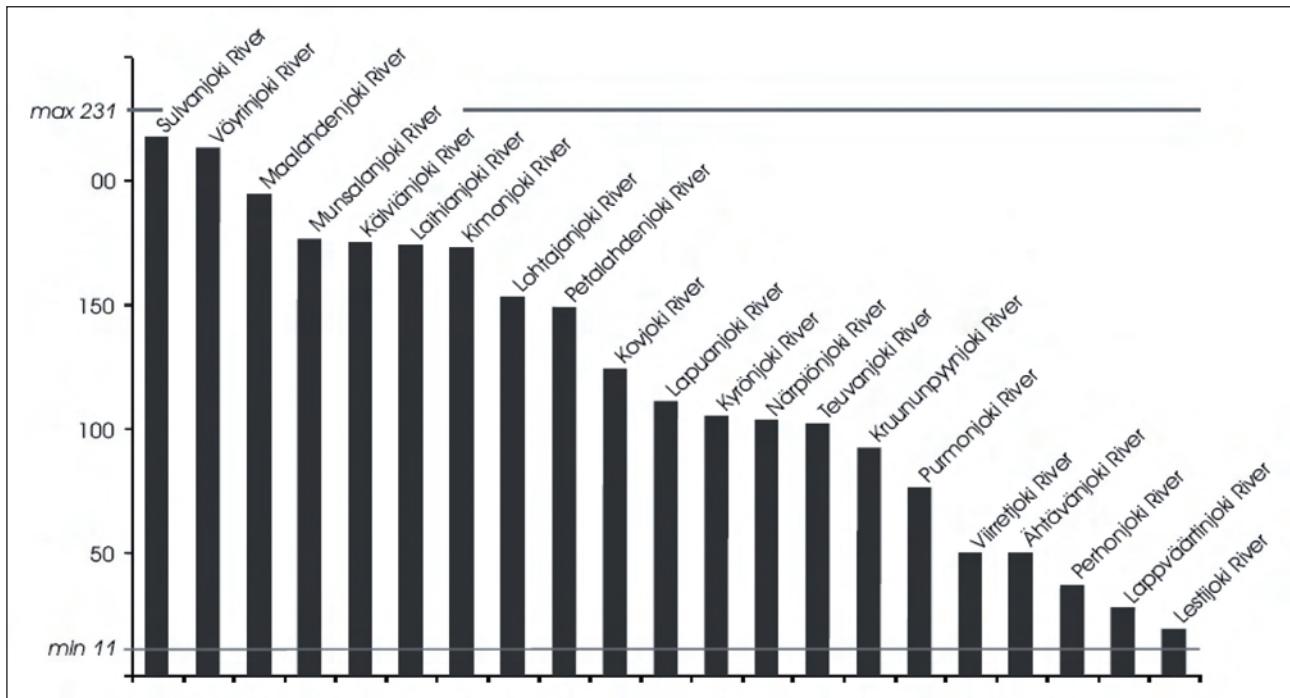
Suomessa kartoitettiin vuosina 1987 – 1990 yhteensä 1 165 puroa ja 1 172 järveä (Lahermo ym. 1995). Jokainen puronäyte vastasi n. 30 km<sup>2</sup> suuruista valuma-alueutta, ja jokainen järvinäyte vastasi n. 0,01 – 10 km<sup>2</sup>:n alueutta. Tulokset osoittivat korkeita alkuainepitoisuuksia etenkin rannikkoseuduilla.

Vuonna 2002 – 2003 otettiin vesinäytteitä 21 joesta Pohjanmaan rannikkoseudulla (Roos & Åström 2005). Näytteet otettiin kahdeksan kertaa keväällä, kesällä ja syksyllä. Näytteistä analysoitiin 35 alkuainetta, joista peräti 24 huuhtoutui ensisijaisesti happamista sulfaattimaista. Raportista käy ilmi, että happamien sulfaattimaiden huuhtoutumisella on suuri negatiivinen vaikutus alueen jokiin. Joet luokiteltiin potentiaalisesti haitallisten aineiden pitoisuuksien perusteella (kuva 6). Lievin laskennallinen vaikutus oli Lestijoen, Lapväärtinjoen ja Perhonjoen, ja voimakkain vaikutus Sulvanjoen, Vöyrinjoen ja Maalahdenjoen. Tätä luokitusta voidaan käyttää hyväksi, kun suunnitellaan ojitustoimintaa ja se osoittaa myös joet, jotka tarvitsevat erityistoimenpiteitä.

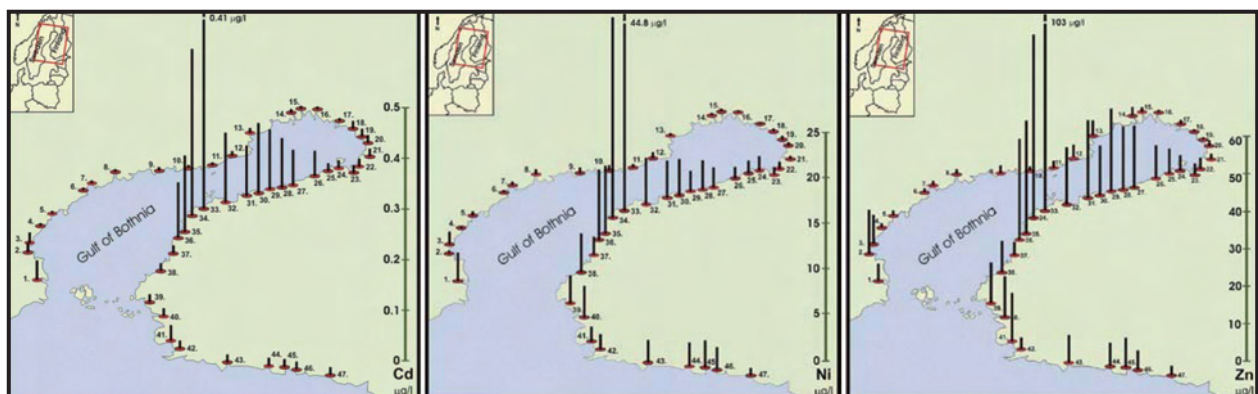
Metallien mediaanipitoisuuksia vertailtiin 47 joessa (valuma-alue > 500 km<sup>2</sup>) Ruotsissa ja Suomessa, jotta saataisiin sel-

ville, missä määrin näihin on huuhtoutunut happamista sulfaattimaista peräisin olevia aineita. Näytteet otettiin vuonna 2002 vesistöjen suualueilta, jotka laskevat Pohjanlahteen tai Suomenlahteen. Vesinäytteistä analysoitiin arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), rauta (Fe), nikkeli (Ni), lyijy (Pb) ja sinkki (Zn). Teuvanjoen ja Maalahdenjoen vesistöissä metallipitoisuudet olivat korkeimmat kadmiumin, nikkelin ja sinkin osalta. Aiemmissa tutkimuksissa näiden kolmen me-

tallin huuhtoutumisen happamista sulfaattimaista on todettu olevan runsasta. Pohjanmaan vesistöt ovat melko pieniä, mikä vähentää happamoituneen veden laimentumista. Kun pienen vesistön valuma-alueesta merkittävä osa koostuu happamista sulfaattimaista, tuloksena on erittäin hapan ja metallipitoinen vesi. Pohjanmaan sulfaattimaat vaikuttavat myös olevan tiiviimpiä ja ongelmallisempia kuin muualla Pohjanlahden rannikolla. (Kuva 7, Roos & Åström 2006.)



Kuva 6. Pohjanmaan jokien luokittelu niiden metallipitoisuuksien perusteella. Tarkastelussa olivat mukana alumiini (Al), beryllium (Be), kadmium (Cd), koboltti (Co), kupari (Cu), mangaani (Mn), nikkeli (Ni), torium (Th), tallium (Tl), uraani (U) ja sinkki (Zn) (Roos & Åström 2005).



Kuva 7. Kadmiumin, nikkelin ja sinkin mediaanipitoisuuksia ruotsalaisissa ja suomalaisissa vesistöissä (Roos & Åström 2006).

### 6.1.5. Toimenpidelinjauksia

Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja niiden aiheuttamat vesistöjen kuormitusriskit tulisi kartoittaa koko Suomessa yhtenäisin menetelmin vuoteen 2015 mennessä. Suomeen tulisi mahdollisimman pian luoda yhtenäiset kartoitusmenetelmät ja sopia luokittelukriteerit. Kartoitusmenetelmiä ja luokittelukriteerejä varten tulisi perustaa työryhmä, joka määritteli menettelytavat sekä kriteerit jo vuonna 2009.

Aikaisemmin happamista sulfaattimaista laaditut kartoitukset tulisi koota yhteen ja kerätä niiden perusteella paikkatietoaineisto, jota voitaisiin hyödyntää valtakunnallisen jatkokartoituksen pohjana. Vanhojen kartoitusten ja maaperä-, korkeus- ym. taustatietojen perusteella tulisi laatia kartoituksen kiireellisyysjärjestys valuma-alueittain. Samalla tulisi koota tiedot tyypillisten sulfaattimaaprofiilien ominaisuuksista (sulfidikerrosten syvyys, pH, rikin määrä jne.).

Happamat sulfaattimaat tulisi kartoittaa järjestelmällisesti. Kartoituksen tuloksena tulisi olla riittävät pohjatiedot riskialueiden sijainnista maankäytön suunnittelua, kuivatuksen suunnittelua ja vesiensuojelun suunnittelua varten. Tavoitteena on, että menetelmäkehitys ja pahimpien alueiden kartoitus saadaan valmiiksi vuosien 2009 - 2011 aikana, mutta koko maan kattavan kartoituksen valmistuminen tulee viemään enemmän aikaa riippuen tarkkuustasosta ja käytettävissä olevista resursseista.

Viimeisimmät tutkimukset (Nordmyr 2008) osoittavat, että jokien suistoissa ja niiden edustalla muodostuu hyvin metallirikkaita sedimenttejä, joista metallit saattavat vapautua hydrologisten ja ilmastollisten vaihteluiden sekä maankohoamisen myötä. Nämäkin alueet pitäisi kartoittaa.

Vastuu happamien sulfaattimaiden kartoittamisesta on ensisijaisesti Geologian tutkimuskeskuksella (GTK). Kartoitusmenetelmien kehittäminen ja nopea toteuttaminen edellyttää merkittävää lisärahoitusta. Kartoitusmenetelmien kehittäminen on mukana Catermass -hankehakemuksessa vuosille 2010-2012 (liite 5). Tämän lisäksi tarvitaan valtion lisärahoitusta, jotta happamat sulfaattimaat saadaan kartoitettua vuoteen 2015 mennessä. Esimerkiksi aluekehitysrahoitusta tulisi suunnata happamien sulfaattimaiden kartoitukseen. Siikajoen-Pyhäjoen alueella onkin haettu rahoitusta aluekehityshankkeelle, jossa selvitetään sulfaattimaiden esiintymistä ja suunnitellaan happamuushaittojen ennaltaehkäisyä. GTK on alustavasti arvioinut sulfaattimaiden kartoituksen kustannustason olevan runsaat 9 miljoonaa euroa (Liite 4). Kartoitustyössä tulee priorisoida tiedossa olevat ongelmallisimmat alueet. Kartoitustiedot tulee julkaista paikkatietona, joka on kaikkien käytössä ilmaiseksi.

Keskeiset toimenpiteet sulfaattimaiden kartoituksessa ovat seuraavat:

- Käytännön työkalut sulfaattimaiden kartoittamiseen ja arviointiin, niin että kartoitus voidaan tehdä taloudellisesti ja tehokkaasti
- Yhtenäiset kriteerit happamien sulfaattimaiden toteamiseen
- Nykyään tiedossa olevien tai oletettujen riskialueiden sijainti- ja ominaisuustiedon kokoaminen ja liittäminen yhteiseen paikkatietokantaan
- Nykyistä tarkempi peltolohkojen happamuuden kartoitus ja ns. hotspot -alueiden määrittäminen
- Metsämaiden, turvetuotantoalueiden pohjamaiden ja muiden peltoalueiden ulkopuolella olevien kohteiden kartoitus ja hotspot -alueiden määrittäminen
- Maankohoamisen seurauksena jatkuvasti syntyvien uusien potentiaalisten sulfaattimaiden kartoittaminen
- Mustaliuskekallioperän selvittäminen
- Valtakunnallinen kattava yhteenveto paikkatietoaineistona happamien sulfaattimaiden esiintymisestä, ominaisuuksista ja niiden aiheuttamista ympäristöriskeistä.

## 6.2. Haitat

### 6.2.1. Pintavedet

Happamien sulfaattimaiden kuivatus vaikuttaa haitallisesti vesistöjen eliöstöön suoraan veden happamuutta lisäämällä ja epäsuorasti, koska hapan vesi lisää monien metallien liukoisuutta ja siten myös veden myrkyllisyys kasvaa ja metallien aiheuttamat ongelmat pahenevat (Fältmarsch ym. 2008). Happamissa vesissä sekä eliöstön että kasvilisäyksen monimuotoisuus vähenee voimakkaasti, koska vain harvat lajit pystyvät elämään ja lisääntymään happamointuneissa vesissä. Tyypillisiä häviäjiä happamissa olosuhteissa ovat simpukat ja kotilot, joiden kalkkikuoret eivät kestä pitempiaikaista happamuutta. Myös useimmat äyriäiset, kuten muun muassa ravut, ovat herkkiä happamoitumiselle, kuten myös hyönteistoukat ja kalat. Lajien herkkyys vaihtelee ja herkkimmät lajit häviävät ensimmäisinä. Monien lajien munat ja vastakuoriutuneet poikaset ovat herkempiä happamuuden vaikutuksille kuin täyskasvuiset yksilöt. Esimerkiksi lohikalojen mäti altistuu happamuudelle sekä syksyn että kevään ylivalumien aikana. Taimenilla happamuudelle altistuvat mädin lisäksi myös poikaset, jotka viettävät joessa muutamia vuosia. Siikojen ongelma on puolestaan se, että ne kutevat jokien alajuoksulla ja suistossa, mitkä ovat yleensä happamuuden kannalta ongelmallisimpia alueita.

Varsinkin kidusten avulla hengittävät eliöt, kärsivät happamoitumisesta. Kidusten pinnat ovat lievästi emäksisiä, min-

kä vuoksi happamassa vedessä oleva runsas metallimäärä saostuu kidusten päälle muodostaen yhdessä kidusten suojaksi erittyneen limakerroksen kanssa happea läpäisemättömän kerroksen. Tämä johtaa eliön tukehtumiseen. Erittäin happamissa vesissä kalojen kidusten päällimmäiset solukerrokset irtoavat ja kala kuolee joko vedessä olevien metallien myrkyllisyyden takia tai osmoottiseen shokkiin, kun kalojen kudosten ja veden välinen este poistuu. Eliöt, jotka eivät hengitä kidusten avulla (esim. koppakuoriaiset ja vesihämähäkit) voivat happamissa vesissä runsastua ja tulla vallitseviksi, koska sekä niiden kilpailijat että saalistajat puuttuvat.

Happamuus voi vaikuttaa eliöstöön ja kasvillisuuteen myös epäsuorasti sedimentin kautta. Tämä tapahtuu varsinkin jokien suistoissa, jossa hapan vesi kohtaa meriveden, minkä seurauksena metallit saostuvat hydroksideina ja myös sitoutuvat humukseen. Tällä saostumiskerroksen alueella sedimenteissä on paljon metalleja, jotka voivat heikentää pohjaeläimiä ja aiheuttaa niissä kehityshäiriöitä ja epämuodostumia.

### Vesistöjen ekologinen tila

Happamien sulfaattimaiden kuivatus vaikuttaa sekä vesien ekologiseen että kemialliseen tilaan. Ekologisessa luokittelussa vedet jaetaan viiteen luokkaan (erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono) vesimuodostuman tilaa kuvaavien eliöiden avulla. Tilan arvioinnissa otetaan huomioon myös veden laatu sekä hydrologiset ja morfologiset ominaisuudet. Ekologisessa luokittelussa happamien sulfaattimaiden kuivatuksen haitat näkyvät erityisesti pohjaeläimistöissä ja kalastossa. Ne harvat kohteet, jotka Suomessa on kala- tai pohjaeläinluokittelussa todettu huonoiksi, ovat yleensä Pohjanmaan happamia jokia. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi Vöyrinjoki, Purmonjoki, Kovjoki ja Lapuanjoen alaosa. Lisäksi Pohjanmaalla on runsaasti muitakin jokia, joissa kalataloudelliset vaikutukset ovat vähintään yhtä suuria, mutta joista ei ole käytettävissä luokitteluaineistoa. Suomen pintavesien ekologisen luokittelun kartta on kuvassa 8.

Lähes kaikki läntisellä vesienhoitoalueella huonoon ekologiseen tilaan luokitellut kohteet liittyvät sulfaattimaiden esiintymiseen niiden valuma-alueella. Happamien sulfaattimaiden kuivatuksen vaikutukset näkyvät myös monien vesistöjen välttävänä tai tyydyttävänä tilana. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että varsinkin Pohjanmaalla (Rannikko, Keski-Pohjanmaa, Etelä-Pohjanmaa) ja osin myös Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa 60 metrin korkeuskäyrän alapuolella sijaitsevat vesistöt ovat ekologiselta tilaltaan korkeintaan tyydyttäviä ja tämä johtuu suurelta osin happamien sulfaattimaiden kuivatuksesta. Happamien sulfaattimaiden kuivatuksen aiheuttamat haitat näkyvät

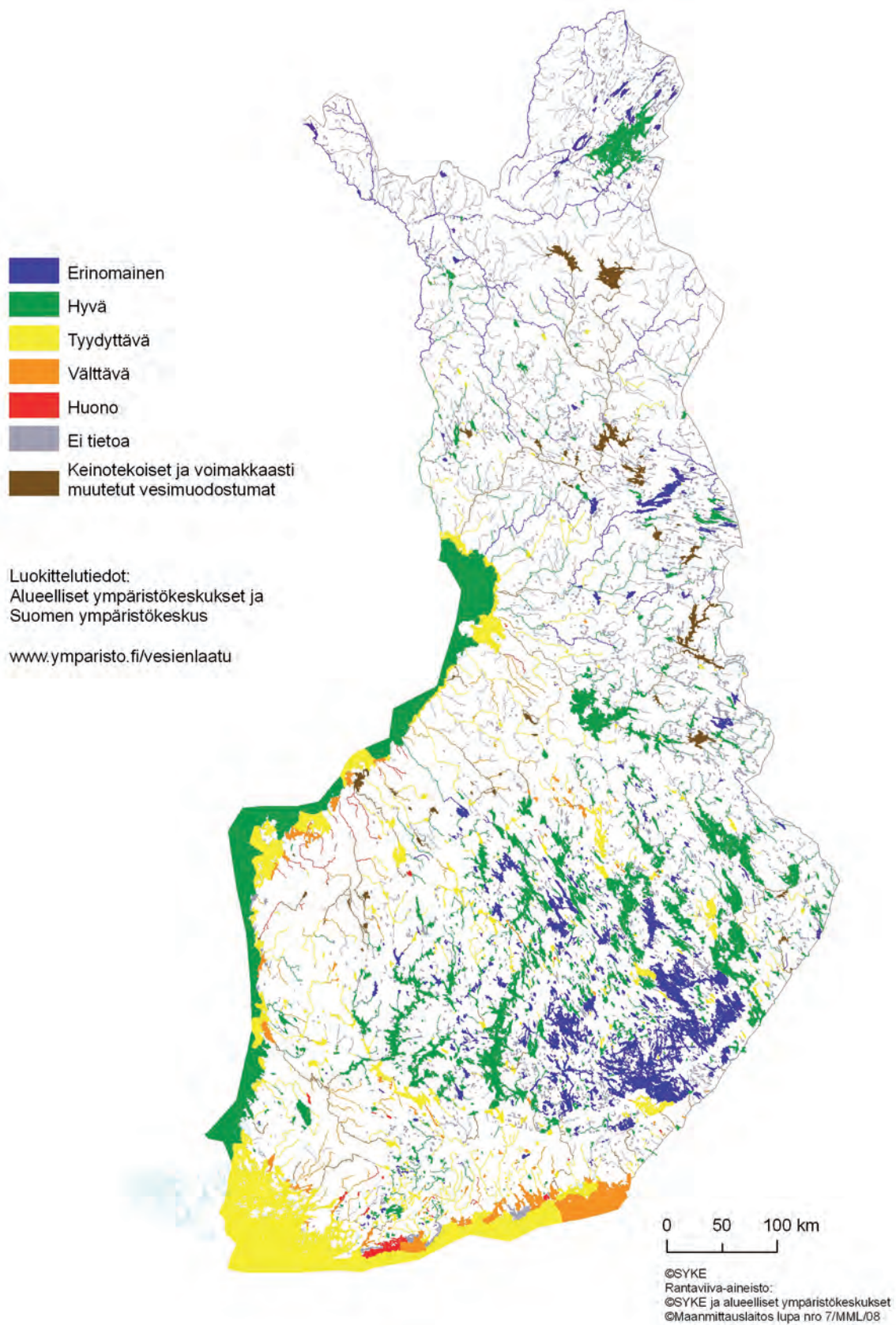
osaltaan myös Oulujoen - Iijoen vesienhoitoalueella. Ilmiön esiintymisalueet ovat laajentuneet ja haitat voimistuneet 2000-luvulla. Ekologisen tilan luokittelu on toteutettu lähinnä suurille ja keskisuurille jokivesistöille. HS-maiden vaikutuksia pienemmissä jokivesistöissä ei juuri ole seurattu tai tutkittu. Seuranta tulisi tältä osin kehittää.

### Vesistöjen kemiallinen tila

Kemiallisessa luokittelussa happamien sulfaattimaiden kuivatus näkyy erityisen selvästi. Kemiallisessa luokittelussa tarkastellaan EU:ssa päätettyjen ns. prioriteettiaineiden pitoisuuksia. Kemiallisen tilan katsotaan olevan hyvä, jos aineiden ympäristölaatu normit eivät ylitä. Prioriteettiaineita ovat mm useat metallit. Lähes kaikki kohteet, jotka Suomen kemiallisessa luokittelussa on arvioitu hyvää huonompaan tilaan, sijaitsevat sulfaattimailla. Suomen pintavesien kemiallinen luokittelu esitetään kuvassa 9.

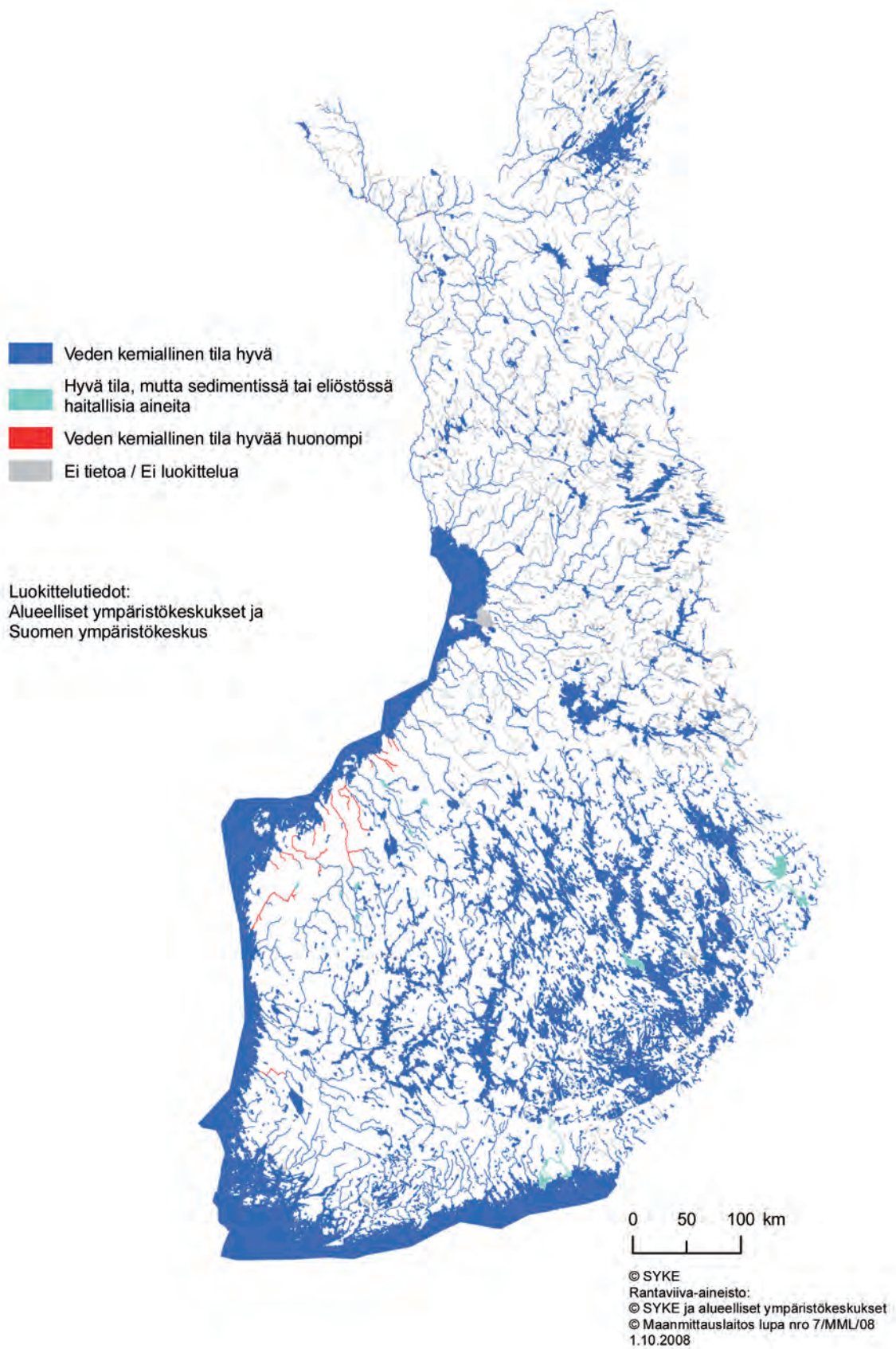
Pohjanmaan jokivesistöissä ylittävät erityisesti kadmiumin ja paikoin todennäköisesti myös nikkelin laatu normi. Valtakunnallisessa seurannassa olevista jokivesistöistä ovat korkeiden kadmiumpitoisuuksien vuoksi hyvää huonommassa tilassa Lapuanjoki, Kyrönjoki, Närpiönjoki ja Eurajoki. Åbo Akademin geologian laitoksen tekemien tutkimusten mukaan monien pienempien jokien metallipitoisuudet ovat suurempia kuin valtakunnallisessa seurannassa olevien jokien pitoisuudet. Näiden tutkimusten perusteella hyvää huonompaan luokkaan on otettu mukaan pääosa pienistä joista, jotka laskevat mereen Lestijoen ja Närpiönjoen välillä ja joissa on todettu vakavia happamuushaittoja. Todennäköisesti kadmiumpitoisuuden laatu normi ylittyy monessa muussakin sulfaattimaiden vesistöissä (esim. Sirppujoki), mutta asiasta ei ole olemassa mittaustietoja.





Kuva 8. Pintavesien ekologisen tilan kokonaisarvio Suomessa (Hertta-rekisteri, 2008).





Kuva 9. Pintavesien kemiallinen tila Suomessa (Hertta-rekisteri, 2008).

## 6.2.2. Pohjavesialueet ja vesihuolto

Happamista sulfaattimaista pohjavesialueille ja vedenotto-  
moille aiheutuvista ongelmista ei ole tehty selvitystä eikä  
happamista sulfaattimaista johtuvaa ongelmaa ole var-  
sinaisesti huomioitu. Kuitenkin Pohjanmaan rannikolla ja  
paikoin muuallakin matalilla alueilla harjut ovat peittyneet  
hienompien sedimenttien alle, jolloin pohjavesialueet saat-  
tavat olla happamien sulfaattimaiden vaikutuksen alaisia.  
Paikoin happamia sulfaattimaita tavataan karkeammillakin  
harjun reuna-alueilla, missä hienot hiekat ovat levinneet  
rantavoimien vaikutuksesta harjun ytimestä kilometrien  
etäisyydelle.

Ojituksen aikaansaamat haitat saattavat kohdistua pohja-  
vesialueilla myös pohjaveteen, jos muodostuman reuna-  
alueilla olevat tiiviit kerrokset puhkaistaan kaivutyön aikana  
ja ojavedet pääsevät imeytymään harjuun. Matalilla alueilla  
myös pohjavesialueen halki kulkevat ojat saattavat olla  
ongelma, kun muualta tulevia happamia vesiä johdetaan  
pohjavesialueen kautta ojassa, josta ne pääsevät imeyty-  
mään muodostumaan. Vedenotto voi mahdollisesti myös  
aiheuttaa metallien vapautumista, koska vedenoton vai-  
kutuksesta pohjaveden pinta alueella laskee. Yleensä ve-  
denottamot sijaitsevat harjun ytimessä, mutta vaikutukset  
saattavat ulottua harjun reunavyöhykkeellekin. Ajan myötä  
metallit saattavat kulkeutua kohti ottamoa.

Yleisesti ottaen Pohjanmaan rannikolla laajoilla alueilla  
pohjavesien pH on alhainen ja vedet ovat hapettomia.  
Pohjavesiin on liuenut rautaa ja mangaania ja paikoin  
on havaittu myös korkeita humuspitoisuuksia, joka kertoo  
pintavesien pääsystä muodostumaan. Happamien sulfaat-  
timaiden mahdollisista vaikutuksista pohjavesialueille tulisi  
laatia selvitys, jotta myös vedenottolanteissa välttyttäisiin  
aiheuttamasta laatuongelmia pohjavesille.

Yhdyskuntien vedenhankinta perustuu Suomessa pääosin  
pohjavesien käyttöön. Pohjavesien happamuus sekä ko-  
honneet rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat yleisimmin  
syynä pohjavesien käsittelytarpeeseen. Pohjanmaan  
rannikon happamia pohjavesiä käytetään yleisesti yhdys-  
kuntien vedenhankintaan. Happamien sulfaattimaiden ja  
alueen happamien pohjavesien välistä yhteyttä on tutkittu.  
Talousvedenkäsittelyssä pohjaveden happamuus on hel-  
posti hoidettavissa veden alkaloinnilla, esim. kalkkikivisuo-  
datuksella. Metallien poistaminen pohjavedestä edellyttää  
tavallisesti pH:n säädön lisäksi ilmastukseen (metallien  
hapetus) ja sitä seuraavaan suodatuksen (hapetuksessa  
syntyneiden flokkien poisto) perustuvaa vedenkäsittelyä.  
Paikoin pohjaveteen on päässyt myös humusta, jolloin ve-  
denpuhdistus edellyttää kemiallista käsittelyä (humuksen  
kemiallistasaostamista) tai kalvotekniikan käyttöä.

Pintavesien happamuus ja siitä seuraavat muut laatutekijät  
vaikeuttavat paikoin pintavesien käyttöä yhdyskuntien ra-  
akavesilähteenä. Happamuudesta kärsiviä vesistöjä joudu-  
taan käyttämään yhdyskuntien raakavesilähteenä esimer-  
kiksi Vaasassa (Kyrönjoki), Pietarsaassa (Ähtävänjoki) ja  
Uudessakaupungissa (makeavesiallas). Happamia vesiä  
käytetään myös teollisuuden raakavetenä esimerkiksi Kok-  
kolassa, Pietarsaassa ja Kaskisissa. Happamien sulfaat-  
timaiden kuivatusvesistä johtuvat vesien vaihtelevat ja ajoit-  
tain korkeat metallipitoisuudet tuovat haasteita ja ongelmia  
vesilaitosten käsittelyprosessiin. Riittävän vedenlaadun  
turvaamiseksi vesilaitoksilla on toteutettu monivaiheiset  
käsittelyprosessit sekä kiinnitetty huomiota raakaveden  
laadun tasaamiseen. Esimerkiksi Vaasan vesilaitoksella on  
käytössä Kyrönjoen veden kemiallinen esikäsittely ennen  
raakaveden tasausaltaana toimivaa Pilvilampea (3,3 milj.  
m<sup>3</sup>). Kyrönjoen veden ottoa Pilvilampeen säädetään jokive-  
den laadun mukaan. Vedenlaadun ollessa huonoimmillaan,  
hyödynnetään Pilvilammen varastotilavuutta (riittoisuus  
maks. 4kk). Pietarsaassa on puolestaan suunniteltu vas-  
taavan tasausaltaan toteutusta vanhaan kalliolouhokseen.  
Tällä hetkellä Pietarsaaren vesilaitoksen raakavesi otetaan  
kuitenkin suoraan Ähtävänjoesta, jonka laatuvarhailut ovat  
aiheuttaneet ajoittain vedenkäsittelyprosessiin ongelmia  
mm. korkean alumiinipitoisuuden takia.

## 6.2.3. Kalatalous

Happamien sulfaattimaiden kuivatus on Suomen länsi-  
rannikolla hävittänyt tai voimakkaasti heikentänyt monia  
paikallisesti ja alueellisesti tärkeitä kalakantoja. Varsinkin  
sellaisissa joissa, jotka sijaitsevat kokonaan tai pääosin  
happamalla sulfaattimaa-alueella, omat kalakannat ovat  
melkein kokonaan hävinneet. Esimerkkejä tällaisista joista  
ovat Närpiönjoki, Sulvanjoki, Vöyrinjoki, Munsalanjoki, Ki-  
mojoki ja Kälviänjoki. Myös sellaisissa isoimmissa joissa,  
joiden alaosa on sulfaattimaa-alueella, kalakannat ovat  
heikentyneet voimakkaasti. Tällaisia ovat esimerkiksi Ky-  
rönjoki, Lapuanjoki, Kruunupyynjoki ja Perhonjoki. Joet  
ovat vaelluskalojen ja paikalliskalojen tärkeitä lisääntymis-  
ja poikastuotantoalueita. Tämän vuoksi happamuuden vai-  
kutukset näkyvät kalataloudessa huomattavasti laajem-  
malla kuin vedenlaadussa. Happamuuden vaikutukset  
näkyvät selvästi ammatti- ja virkistyskalastajien saaliissa  
koko Pohjanlahdella Suomen puolella. Varsinkin Kyrönjoen  
vaikutusalueella eli Merenkurkussa monien kalakantojen  
(ahven, hauki, lahna, kuore, made, siika ja kuha) tuotto  
alentui vuosien 1968 – 1971 laajojen kalakuolemien jäl-  
keen pitkäaikaisesti. Eräät lajit eivät ole koskaan toipuneet,  
koska happamia kausia on ilmennyt myöhemminkin 5 –  
10 vuoden välein. Happamien sulfaattimaiden kuivatuk-  
set aiheuttamat kalakuolemien taloudelliset vaikutukset  
ovat useimmiten jääneet melko epäselviksi, koska kalojen



alueellinen levinneisyys ja liikkuvuus tunnetaan heikosti. Happamat sulfaattimaat ovat vaikuttaneet merkittävästi myös uhanalaisten vaelluskalojen, kuten vaellussiian ja meritaimenen kalataloudelliseen merkitykseen.

Lievästi happamuusongelmallisten alueiden ja happamuusuhkien painokas huomioon otto ja ennaltaehkäisy ovat tärkeitä toimenpiteiden suuntaamisessa. Tällaisia vesistöjä on mm. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen alueella sijaitseva Kiiminkijoki, joka kuuluu Natura-alueisiin ja on ns. SAP-vesistö (Salmon action plan). Näissä happamien sulfaattimaiden kuivatuksen aiheuttamat vaikutukset kalatalouteen eivät välttämättä näy suoraan kalakuolemina. Kalojen kutu voi onnistua, mutta happamuus tappaa mädin ja vastakuoriutuneet poikaset niin, ettei juuri yhtään kuollutta kalaa näy. Tapahtunut kalataloudellinen vahinko näkyy vasta vuosia myöhemmin yhden tai useamman vuosiluokan puuttumisena saaliista. Tämä korostaa tarvetta suunnata kartoitusta ja muita toimenpiteitä myös niille vesistöalueille, joissa ei vielä ole ilmennyt näkyviä haittoja. Tällaisia ovat etenkin joet, joissa on syyskutuisten lohikalojen luontaista lisääntymistä.

Kaikkein pahimmat vaikutukset happamien sulfaattimaat alueiden kuivatus aiheuttaa alueen makeissa järvivesissä (Kuva 10). Tällaisia makeita vesiä ovat esimerkiksi vedenottoa varten padotut merenlahdet ja maankohoamisrannikon fladat ja kluuvijärvet. Makean veden puskurikyky on heikompi kuin meriveden, ja kalat, jotka eivät padon tai kynnyksen takia pääse happamuutta pakoon, kuolevat. Monet fladat ja kluuvijärvet ovat normaalivuosina tärkeitä kutu- ja poikastuotantoalueita, mutta yläpuolisten maa- tai metsätalousalueiden kuivatuksen takia ne voivat menettää kalataloudellisen merkityksensä vuosikymmeniksi.

#### 6.2.4. Maatalous

Happamat sulfaattimaat tunnistettiin jo 1900-luvun alkupuolella merkittäväksi maataloudelliseksi ongelmaksi, jota käsiteltiin useissa julkaisuissa (esim. Aarnio 1922, Kivinen 1938c, 1944, 1950). Alusta alkaen todettiin, että kapillaariveden mukana muokkauskerrokseen ja maan pintaan nousevat happamat suolat haittaavat näiden maiden maatalouskäyttöä. Kivisen (1944) julkaisussa oli kuvia kokonaan kasvittomasta ”steriilistä alunamaasta”. Kivinen



Kuva 10. Happamien sulfaattimaiden kuivatukselta aiheutuu ajoittain laajoja kalakuolemia.

kuvasi sulfaattimaiden prosessit lähes nykyisiä käsityksiä vastaavasti ja viittasi myös kalakuolemiin: *"...eräissä paikoissa Pohjanlahden rannikoilla on monien poutakesien perästä seuranneiden sateisten kesien aikana todettu sadevesien tuoneen niin paljon alunaa eräisiin meren lahtiin, että niiden vesi on tullut aivan kirkkaaksi, ja samalla kalat ovat kadonneet"*. Jo varhaisissa julkaisuissa (esim. Kivinen 1938) 1) neuvottiin olemaan levittämättä sulfidipitoisia ojankaivuunmassoja pellolle, 2) varoitettiin syväkynnöstä, joka nostaa muokkauskerroksen alla olevaa hapanta maata juuristovyöhykkeeseen, 3) korostettiin tehokkaan kuivatuksen merkitystä kapillaarivesissä olevien suolojen pitämisessä poissa pintamaasta, 4) happamuutta sietävien kasvien (ruis, kaura, peruna, heinä) viljelyä näillä mailla ja 5) peltojen kalkitusta. Aarnio (1922) ilmoitti, että turvallinen pohjaveden pinnan syvyys näillä mailla on yksi metri. Vaikka Laihiolla käynnistettiin happaman sulfaattimaan kalkituskoje jo vuonna 1928 (Honkavaara 1951, Sillanpää 1978), suurempi kalkituskokeiden sarja (30 kenttäkoetta) sulfaattimailla toteutettiin vasta vuosina 1955 - 56 (Purkoski 1959a). Niissä todettiin, että kalkitsemattomilla ruuduilla saatiin keskimäärin vain 1130 kg/ha viljasatoja, mutta 8 tonnin kalkitus/ha kohotti satoa keskimäärin 38 %, runsaampi kalkitus vielä enemmän. Paikalliskuivatuksen menetelmäksi on sulfaattimaillakin vakiintunut salaojitus, jossa kuivatusteho on paljon avo-ojitusta suurempi. Pohjanmaalla onkin näiden suuntaviivojen mukaisesti toteutettu maatalouden lähtökohdista paljon hankkeita, joissa viljelymaiden kuivatustilaa on määrätietoisesti parannettu. Yksi merkittävimmistä lieenee Rintalan alueen täydennyskuivatushanke. Sulfaattimaiden viljelyä tutkittiin uudelleen vasta 1980-luvulla, kun osana happamuushaittojen torjuntakeinoihin painottuvaa tutkimusta kiinnitettiin huomiota Limingan alueen viljelykasvien jossain määrin poikkeukselliseen mineraalikoostumukseen (esim. Palko 1988,1994). Viljelykasvien satomääriä on mitattu aikanaan Tupoksen koekentällä tehdyissä ojituskokeissa (Palko 1988) ja Ilmajoen säätösalaojituskentällä (Bärlund ym. 2004), vaikka näissäkin kokeissa pääpaino oli happamien valumavesien aiheuttamien ongelmien tutkimisessa.

Säätösalaojitus- ja säätökasteluhankkeissa satojen suuruus on typen huuhtoutumisen ohella ollut keskeinen tutkimuskohde. Näitä tutkimuksia ei kuitenkaan ole tehty ensisijaisesti happamien sulfaattimaiden näkökulmasta, vaikka niitä on ollutkin koepaikkojen joukossa. Ainakin Söderfjärdenin alueella (Vaasa / Mustasaari) jotkut viljelijät ovat salaojateknikko Rainer Rosendahlin (suullinen tieto 10.9.2008) mukaan saaneet säätökastelun ja kuivatusvesien kierrättämisen avulla sadonlisäyksiä pumpattuaan kesällä täydennysvettä säätösalaojituskaivoihin. Systemaattista tutkimustietoa ei kuitenkaan ole siitä, kuinka suuria sadonlisäyksiä on saatu, millä kasveilla menetelmää kannattaisi käyttää ja millaiset kustannukset se aiheuttaa.

Koska sulfaattimaiden kuivatustilan parantaminen on johtanut suurempiin satoihin ja viljelyvarmuuden lisääntymiseen, voidaan päätellä, että ainakin kuivatuksen merkittävä vähentäminen aiheuttaisi sulfaattimaiden kasvinviljelylle ongelmia. Monet viljelykasvit alkaisivat taas kärsiä pienestä kuivavarasta ja sen mukana juuristovyöhykkeeseen tulevasta suolaisesta ja happamasta kapillaarisesti nousevasta vedestä. Siitä, minkä verran ja millä kasveilla kuivatus voitaisiin mahdollisesti vähentää, ei ole tutkimustietoa olemassa. Säätösalaojituksista ja säätökastelusta saadut havainnot tukevat käsitystä, että ainakin jonkinasteinen kuivatuksen vähentäminen ja säätely on mahdollista.

## 6.2.5. Metsätalous

Happamien sulfaattimaakerrosten vaikutuksista metsien kasvuun tiedetään aika vähän. Happamat sulfaattimaat esiintyvät yleensä ohutturpeisilla suoalueilla, joilla puuntuotannon edellytykset voisivat olla vesi- ja ravinnetalouden kannalta hyvät. Toisaalta tiedetään, että taimikoiden perustaminen on vaikeampaa happamilla sulfaattimailla kuin muilla metsämailla keskimäärin, mutta vaikutuksia varttuneemman puuston kasvuun ei juurikaan tiedetä ja mahdollisia vaikutuksia on vaikea erottaa muista ympäristötekijöistä (Kubin 1999, Svensson ym. 2000, Merilä ym. 2002, Lindroos ym. 2007). Saattaa olla, että puuston juuristoon syntyy vaurioita, jos juuriston ympärillä oleva vesi on hyvin hapanta. Tämän perusteella puuston kasvatappioita saattaa esiintyä myös varttuneemmissa metsiköissä. Kasvatappioista ei ole olemassa riittävästi tutkittua tietoa, ja on mahdollista, että kasvun heikentyminen johtuu myös epäedullisesta vesitaloudesta ja/tai maaperän ravinteiden epätasapainosta, joiden vaikutuksia ei voida erottaa happamien sulfaattimaiden vaikutuksista. Toisaalta maapartikkeleihin sitoutuneet rikkiyhdisteet eivät välttämättä vaikuta puuston kasvuun lainkaan, elleivät ne pääse reagoimaan hapen ja veden kanssa.

## 6.2.6. Turvetuotanto

Turvetuotantoalueet sijaitsevat paksuturpeisilla soilla, joiden pohjamaassa voi esiintyä sulfidia. Sulfidisedimenttien esiintymisellä suonpohjalla ei ole merkittäviä vaikutuksia turvetuotantoon. Sen sijaan tuotantoalueen jälkikäyttö peltoviljelyyn tai metsätalouteen voi aiheuttaa maa- ja metsätaloustaloudissa kuvattuja haittoja.

Turvetuotantoalueiden ulkopuoliset vedet ohjataan tuotantokenttien ohi. Tuotantoalueiden kuivatusvedet johdetaan vesiensuojelurakenteiden kautta pois tuotantoalueilta. Ympärysojat ulottuvat usein mineraalimaahan saakka, samoin tuotantokenttien laskuojat. Tuotantokenttien sarkaojen kuivatusvaikutus ulottuu yleensä vasta tuotannon loppuvaiheessa alapuoliseen mineraalimaahan saakka.



Jälkikäytön ojitusjärjestelyjen kuivatusvaikutus voi ulottua vielä syvempään pohjamaahan, jolloin happamuuskuormituksen riskit korostuvat sulfidisedimenttien esiintymisalueilla.

### 6.2.7. Toimenpidelinjauksia

Happamien sulfaattimaiden kuivatuksen yleiset haitat maataloustuotannolle ja pintavesien tilalle ovat tiedossa melko hyvin. Vähemmän tunnettuja ja tutkittuja ovat sulfaattimaiden aiheuttaman happamuuden haitat metsätaloudelle, turvetuotannosta vapautuvien alueiden jälkikäytölle ja pohjavesille. Sulfaattimaiden mahdollisista vaikutuksista metsän kasvuun tulisi käynnistää tutkimus. Maaperän happamuuden mahdollisia vaikutuksia pohjavesien laatuun tulisi selvittää. Samoin tulisi tehdä selvitys sulfaattimaa-alueilla toteutetun turvetuotannon ja alueiden jälkihoidon ja -käytön vaikutuksista pinta- ja pohjavesien happamuuteen.

Tietämystä sulfaattimaista aiheutuvan happamuuden vaikutuksista pintavesien ekologiseen ja kemialliseen tilaan tulisi laajentaa. Vesien tilan valtakunnalliseen seurantaan tulisi saada mukaan riittävästi sulfaattimaa-alueilla olevia kohteita, ja alueen vesistöjen liukoisista metallipitoisuuksista tulisi saada lisää seurantatietoa. Kalatalouden osalta tarvitaan järjestelmällistä kalakuolemien seurantaa, ja sitä varten tulisi perustaa kalakuolemarekisteri. Muutenkin tietämystä maaperän happamuuden vaikutuksista kalatalouteen tulisi selvittää.

Sulfaattimaiden aiheuttamiin taloudellisten ja sosiaalisten vaikutusten tutkimiseen tulisi panostaa selvästi nykyistä enemmän ja kehittää päätöksenteon tukijärjestelmiä. Tulisi selvittää happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen syntymisen ehkäisemisen ja haittojen torjunnan kustannukset. Erityisesti tulisi selvittää happamien sulfaattimaiden kuivatuksesta kalataloudelle, virkistyskäytölle ja vedenhankinnalle aiheutuvat kustannukset, hyödyt ja haitat. Lisäksi tulisi arvioida happamuushaittojen ja niiden syntymisen ehkäisemisen ja haittojen torjunnan sosiaalista merkitystä ja hyväksyttävyyttä ja käyttää osallistuttavia suunnitteluprosesseja yhteisten prioriteettitilausten laatimiseksi niistä kohteista, joihin toimenpiteitä tulisi ensisijaisesti suunnata.

Ensisijainen vastuu sulfaattimaista aiheutuvaan happamuuteen liittyvien haittojen tutkimuksessa on yliopistoilla ja tutkimuslaitoksilla, kuten Suomen ympäristökeskuksella (SYKE), Geologian tutkimuskeskuksella (GTK), Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksella (MTT), Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksella (RKTL), Helsingin yliopistolla ja Åbo Akademiilla. Nämä tahot ovatkin yhteistyössä valmisteet hankkeen, jossa olisi tarkoitus vuosina 2010-2012 selvittää sulfaattimaiden vaikutuksia vesien tilaan ja kalatalouteen ja arvioida maatalousalueiden happamuuteen liittyviä sosio-ekonomisia vaikutuksia. Tämän lisäksi tarvitaan myös muita selvityksiä sulfaattimaiden aiheuttamista haitoista. Osin tällaisia hankkeita onkin vireillä, mutta lisäpanostusta tarvittaisiin ainakin metsätaloudessa, turvetuotannossa ja vesihuollossa.

## 7. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen syntymisen ehkäiseminen

Maan kuivatus on merkittävin ihmisen toiminnasta aiheutuva tekijä, joka aiheuttaa vesistöjen happamuusongelmia sulfaattimaiden alueilla. Tehokkain tapa sulfaattimaiden aiheuttamien happamuus- ja metallikuormituksen ehkäisyyn onkin maan kuivatukseen puuttuminen eli sulfidikerrosten hapettumisen estäminen pitämällä pohjaveden pinta riittävän korkealla. Pohjaveden pinta pystytään helpommin pitämään sulfidikerrosten yläpuolella, jos sulfidikerrokset ovat syvällä, kun taas lähellä maanpintaa olevien sulfidikerrosten hapettumisen ehkäisy on lähes mahdotonta, jos alueella aiotaan harjoittaa tavanomaista maa- ja metsätaloutta. Se, että pohjaveden pinta olisi pidettävä sulfaattimailla mahdollisimman korkealla, tiedetään jo vanhastaan. Asiaa koskevia mainintoja löytyy etenkin ulkomaisesta, lähinnä tropiikin maataloutta käsittelevästä kirjallisuudesta jo vuosikymmenten takaa (esim. Beers 1962, Moorman 1963, Bloomfield 1972), mutta menetelmää on sovellettu myös lauhkean alueen sulfaattimaissa (Dent 1986).

### 7.1. Maankäyttö ja kuivatustarve

#### 7.1.1. Nykytila

Kasvukauden lyhyiden, lumen sulannan ja sateen epätasaisen jakautumisen sekä maaperän ominaisuuksien takia maatalouden ja useilla alueilla myös metsätalouden harjoittaminen edellyttävät toimivaa maan kuivatusta. Maanviljelyalueilla paikalliskuivatus toteutetaan sala- tai sarkaojien avulla. Paikalliskuivatus edellyttää, että kuivatusvedet johdetaan alueelta pois valta- ym. ojilla eli peruskuivatuksen keinoin (Kuva 11). Metsätalousalueilla maankuivatus hoidetaan avo-ojin.

Maa- ja metsätalouselinkeinojen harjoittaminen ja toimintaedellytysten parantaminen vaatisi monin paikoin kuivatuksen tehostamista nykyisestään. Happamien sulfaattimaiden alueilla tarve kuivatuksen tehostamiseen onkin usein ristiriidassa happamoitumishaittojen vähentämistavoitteiden kanssa. Esimerkiksi rannikolla on edelleen osin avo-ojitettuja peltoja, jotka viljelyn tehostamiseksi tulisi salaojitaa. Lisäksi viljelymaan painuminen esimerkiksi orgaanisen aineksen vähenemisen ja maan tiivistymisen takia johtaa alavilla mailla lisäkuivatuksen tarpeeseen. Myös tulvasuojelutyöt esimerkiksi Kyrönjoella Rintalan alueella ovat merkinneet kuivatuksen tehostumista (esim. Teppo ym. 2006).

Jokien suualueiden mataloituminen eroosioaineksen kertymisen ja maankohoamisen takia johtaa muun muassa tulvasuojelun tarpeista lähtevään ruoppaukseen. Matalilla rannoilla on kuitenkin tärkeitä ekologisia tehtäviä, kuten toimiminen ravinteiden kerääjänä ja kalojen lisääntymis- ja poikastuotantoalueena. Sulfaattimaavaltaisilla alueilla jokien ja niiden suistojen pohjasedimentit ovat usein sulfidipitoisia ja sisältävät runsaasti haitallisia metalleja, jotka lisääntyvät edelleen yläpuolisen vesistöalueen kuivatuksen seurauksena. Rannikon metallisakat ovat lepotilassa, eivätkä aiheuta haittoja, jos ne jätetään rauhaan. Ruoppauksen yhteydessä metallisakat voivat lähteä liikkeelle uhaten rannikon ekosysteemiä. Ruoppauksissa itse kaivaminen ei välttämättä aiheuta happamoittavien yhdisteiden huuhtoutumista, vaan se tapahtuu vasta hapettumisen ja liukenemisen jälkeen. Happamoiva vaikutus on usein suurimmillaan 2 – 3 vuotta kaivaustyön jälkeen. Mikäli kaivumassat kalkitaan tehokkaasti läjityksen yhteydessä, voidaan happamoitumisen vaikutus ehkäistä tai sitä voidaan vähentää. Ruoppausmassoja tulee kalkita tarpeen mukaan 10 – 30 kg kalkkia massakuutiota kohden (Palko ym. 1988).

Pohjanmaan tulvasuojelutyöt, erityisesti alavien suistomaiden pengerrysalueet ja niihin liittyvä kuivatustoiminta, ovat osaltaan aiheuttaneet happamoitumisongelmia. Alaville suistomaille on kertynyt runsaasti litorinasedimenttiä (Manninen 1972), ja sulfidikerrokset voivat olla hyvin lähellä (1-1,5 m) maan pintaa. Esimerkiksi 1950-luvulla pengerretyllä ja ojitetulla Mustasaaren koulutilan alueella Laihianjoen suistossa sulfidikerrokset ovat vain metrin syvyydessä (Joukainen ja Yli-Halla 2003). Tällaiset maat tuottavat kuivatettuina, varsinkin salaojitettuina, hyvin suurta happamuuskuormitusta. On arveltu, että happamuuskuormituksen merkittävä vähentäminen näiltä alueilta, joilla sulfidikerros on lähellä maanpintaa, edellyttäisi kuivatuksen lopettamista (Yli-Halla 2003). Koska maatalousmaalla pohjaveden pinta laskee kesän kuivina kausina kasvien haihdutuksen takia väistämättä huomattavasti ojitussyvyyden alapuolelle, jolloin sulfidikerrokset pääsevät hapettumaan. Kuivatuksen lopettaminen käytännössä estäisi näiden alueiden viljelyn.

Turvetuotanto edellyttää tuotantoon soveltuvien soiden kuivattamista. Tuotantoalueiden ulkopuoliset vedet ohjataan ympärysojien avulla tuotantokenttien ohi ja varsinaiset tuotantoalueen kuivatusvedet johdetaan vesiensuojelurakenteiden kautta pois tuotantoalueilta. Ympärysojien ja tuotantokenttien laskuojien kuivatusvaikutus ulottuu alapuoliseen kivennäismaahan saakka ja voi näin aiheuttaa happamoitumishaittoja, jos kivennäismaa sisältää merkittävässä määrin sulfidia. Sen sijaan tuotantokenttien sarkaojat ulottuvat yleensä vasta tuotannon loppuvaiheessa riittävän syväälle aiheuttaakseen sulfidipitoisen kivennäismaan hapettumisesta johtuvia haittoja. Turvetuo-

tantoalueen jälkihoito ja -käyttö voi myös edellyttää kuivatusjärjestelyjä, joista on riskinä happamuuskuormituksen lisääntyminen.

### 7.1.2. Toimenpidelinjauksia

Lisäkuivatukselta pidättäytyminen on suositeltava toimenpide vaikeimmilla riskialueilla niin pelloilla, metsissä kuin muillakin alueilla. Pahimmilla alueilla tulisi tukea sellaisten kasvien viljelyä, jotka sopeutuvat pieneen kuivatussyvyyteen. Tällaisia kasveja ovat todennäköisesti esimerkiksi nurmikasvit ja eräät energiakasvit. Nykyisillä lajikkeilla ei tosin ole tehty kokeita niiden vaatiman kuivavaran suuruudesta. Lisäksi ongelmallisimmilla alueilla tulisi selvittää mahdollisuutta luopua viljelyksestä kokonaan esimerkiksi luontoarvokaupan avulla. Viimeksi mainittu edellyttää riittävää tietoa toimenpiteen vaikuttavuudesta sekä tukijärjestelmien kehittämistä.

Metsätaloudessa kuivatukselta tai kuivatusojitusten kunnostuksesta voitaisiin pidättäytyä kokonaan happamien sulfaattimaiden vaikeimmilla alueilla. Tästä voidaan arvioida olevan vähemmän taloudellista haittaa kuin maatalousalueilla. Kunnostettavilla hankealueilla sijaitsevat yksittäiset ojat tai pienet alueet voitaisiin jättää kokonaan

kunnostamatta. Täydennysojituksia ei tulisi tehdä kunnostettavillakaan ojitusalueilla, eikä muuttaa kuivatusvesien johtamissuuntaa, mikäli hankealueella esiintyy happamuutta tuottavia sulfaattimaakerroksia.

Happamilla sulfaattimaa-alueilla ja niiden vaikutusalueilla tulisi mahdollisuuksien mukaan pidättäytyä ruoppauksista. Ruoppausten vaikutusten arviointi on vaikeaa, joten ruoppausten tarpeellisuus tulisi tarkoin harkita ja pitää ruoppausmäärät mahdollisimman pieninä. Sulfaattimaa-alueella ruopattaessa tulee ruoppausmassojen sijoittamisesta ja niiden käsittelystä tehdä suunnitelma, joka pohjautuu ruopattavasta aineksesta tehtyihin kemiallisiin analyysihin ja johon sisältyy toimenpiteet haittojen syntymisen ehkäisemiseksi ruoppausmassoja kalkitsemalla.

Turvetuotantoon varattujen ja varattavien soiden pohjamaasta tulee selvittää sulfidisedimenttien esiintyminen. Uuden turvetuotannon sijoittamista tulee suunnata alueille, joilla happamuuskuormitusriskiä ei ole tai kuormitus on vähäistä. Mikäli tuotantoalueelle haetaan lupaa riskialueelta, tulee luvassa määriteltäväksi kuormituksen estämis- ja vähentämistoimenpiteet. Erityisen tärkeää on edellyttää tässä tapauksessa, että jälkihoidon ja -käytön aikana ei aiheudu happamuuskuormitusta.



Kuva 11. Maanviljelysalueilla paikalliskuivatus toteutetaan sala- tai sarkaojien avulla ja kuivatusvedet johdetaan alueelta pois valtaojilla.



## 7.2. Kuivatustapa ja -syvyys

### 7.2.1. Nykytila

Nykyaikainen taloudellinen viljelytekniikka edellyttää paikalliskuivatukseksi salaojitusta. Käytössä oleva maatalousmaa onkin suurelta osin salaojitettu. Koko maatalousmaan 2,2 milj. hehtaaria paikalliskuivatus hoidetaan avo-ojin noin 600 000 hehtaaria ja kokonaan ojittamatta on noin 300 000 hehtaaria. Salaojituksen tavoiteohjelman 2020 (Salaojayhdistys, 2002) tavoitteena on uudissalaojitaa vuosittain 15 000 hehtaaria viljelyn ja ympäristönäkökohtien edistämiseksi. Yleensä salaojitus vähentää kiintoaine- ja ravinnekuormaa verrattuna avo-ojitukseen, mutta happamilla sulfaattimailla se lisää näiltä mailta tulevaa happamuus- ja metallikuormitusta.

Salaojitus on avo-ojitusta tehokkaampi maankuivatustapa, joten sulfideja pääsee hapettumaan huomattavasti runsaammin. Eri arvioiden mukaan sulfaattimaiden salaojavesien sisältämä sulfaattipitoisuus on 1,5 – 10-kertainen avo-ojien vesien pitoisuuksiin verrattuna (Manninen 1972, Palko 1988). Peltojen pintakerros avoimine ojineen voi tosin olla happamampi, ja siinä voi olla syvemmistä maakerroksista tapahtuvan veden kapillaarisen nousun takia suurempi suolapitoisuus, mikä voi vaikuttaa kielteisesti viljelykasvien menestymiseen. Esimerkiksi Limingan Tupoksen koekentällä salaojitetut kentät tuottivat noin 30 % suuremmat kaurasadot kuin avo-ojitetut kentät (Palko, 1988). Samalla koalueella tutkittiin salaojituksen haittojen vähentämiseksi matalaa salaojitusta. Matalaan (70 cm) salaojitetuilla koeruuduilla oli suurempi sato kuin avo-ojitetuilla ruuduilla. Kyseisen tutkimuksen mukaan matala salaojitus myös jonkin verran hidasti sulfidien hapettumista, mutta ko. tapauksessa vaikutus jäi kuitenkin vähäiseksi, eikä matalaa ojitusta ehdotettu ratkaisuksi ongelmaan. Matalaan asennettu salaojitus on alttiina routavahingoille. Salaojitussyvyydellä havaittiin myös olevan jonkin verran vaikutusta viljan kivennäiskoostumukseen.

Metsätalousmailla ojien kuivatusvaikutus ei normaalisti ulotu yhtä syvälle kuin maatalousmailla, koska maankuivatukseen käytetään vain avo-ojia. Peltoviljelyksillä tehtyjen tutkimusten perusteella voidaankin olettaa, että kuivatusvesien happamoitumisriski on pienempi metsätalousalueilla kuin salaojitetuilla maatalousalueilla (Manninen 1972, Palko 1988). Normaalisti sarkaojien syvyys on keskimäärin noin 80 cm. Kokooja- ja laskuojat ovat vähän syvempiä keskimäärin 100 – 120 cm, mutta vain poikkeustapauksissa tätä syvempiä. Poikkeuksellisesti kuivatusvaikutus saattaa vaikuttaa syvempiin maakerroksiin, jos alueen kaltevuus on vähäinen ja sen takia joudutaan kaivamaan normaalia syvempiä ojia kuivatusvesien johtamiseksi tai

alueella on esim. vakava eroosio-ongelma, jonka seurauksena ojat ovat syöpyneet varsinaisen ojituksen jälkeen.

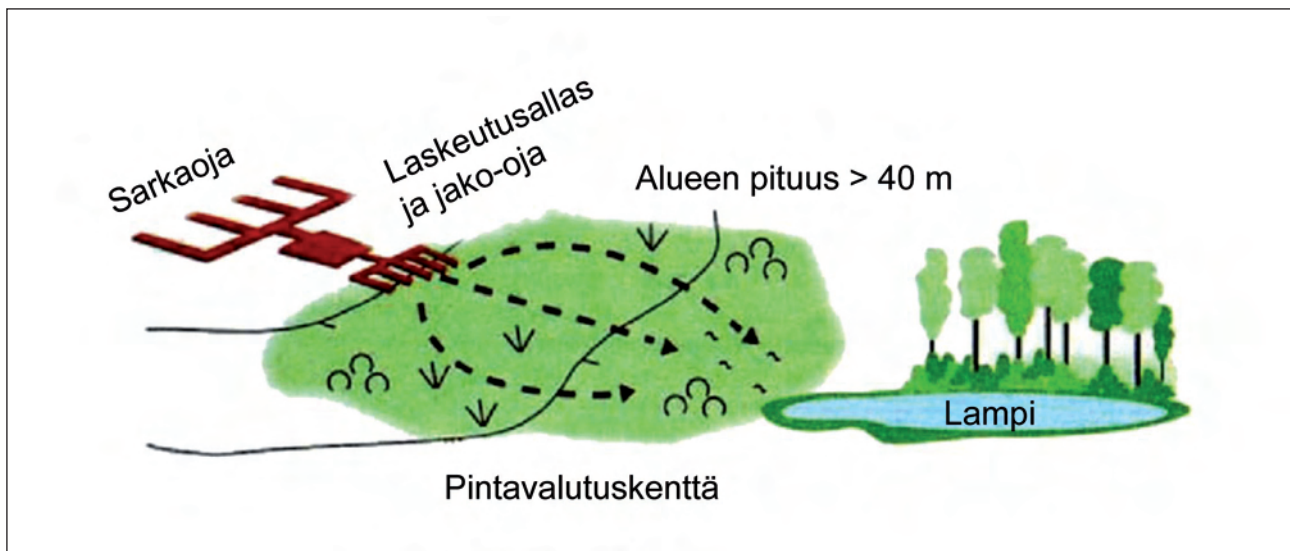
Turvetuotantoalueiden ulkopuoliset vedet ohjataan tuotantokenttien ohi. Tuotantoalueiden kuivatusvedet johdetaan vesiensuojelurakenteiden kautta pois tuotantoalueilta. Ympärysojat ulottuvat usein kivennäismaahan saakka, samoin tuotantokenttien laskuojat. Tuotantokenttien sarkaojien kuivatusvaikutus ulottuu yleensä vasta tuotannon loppuvaiheessa alapuoliseen kivennäismaahan saakka. Jälkikäytön ojitusjärjestelyjen kuivatusvaikutus voi ulottua vielä syvempään pohjamaahan, jolloin happamuuskuormituksen riskit korostuvat sulfidisedimenttien esiintymisalueilla.

### 7.2.2. Toimenpidelinjauksia

Happamilla sulfaattimailla tulisi välttää kuivatussyvyyden lisäämistä. Säättösalojitetuilla pelloilla suurimman kuivatussyvyyden tulisi olla käytössä vain kylvöaikaan ja syksyllä korjuu-aikaan, ja muina aikoina vedenpinta tulisi pitää mahdollisemman ylhäällä. Maatalousalueilla, joilla salaojitus ei ole välttämätöntä, tulisi suosia avo-ojitusta. Uuden ojituksen yhteydessä suositellaan avo-ojien kaivamista ja vasta noin 10 vuoden kuluttua voidaan suositella salaojitusta (Palko 1988). Jakamalla ojitusalueen pienempiin osiin ja ojittamalla ainoastaan yhden alueen kerrallaan 2-5 vuoden välein voidaan vähentää liian suurten happamoittavien yhdistemäärien valumista vesistöihin. Ojitus voidaan myös jakaa kahteen vaiheeseen, jolloin ensin kaivetaan ojan oikea leveys ja seuraavassa vaiheessa ojan koko syvyys. Nämä vaiheet toteutetaan kahden vuoden välein (Palko ym. 1988). Tällä tavalla kaivuusta syntyy kerralla vähemmän kaivumassaa, happamoittavien aineiden huuhtoutuminen tapahtuu pidemmällä aikavälillä ja kalkituksesta tulee tehokkaampaa.

Sulfaattimailla metsien kunnostusojitusten yhteydessä kuivatussyvyyttä ei tulisi lisätä aikaisempaan ojitukseen verrattuna. Kuivatushankkeiden suunnittelussa on tarpeen arvioida turvekerroksen paksuus, ja ohutturpeisilla alueilla myös kivennäismaalaji. Ohutturpeisilla metsämailla maaprofiilin koostumus tulee selvittää kairauksin. Maanäytteistä arvioidaan silmänvaraisesti, esiintyykö alueella hienojakoisia kivennäismaalajeja, onko alueella mahdollisesti happamuutta tuottavia sulfidikerrostumia ja onko alue eroosioherkkä. Sulfidikerrokset erottuvat yleensä tummanharmaana tai lähes mustana kerroksena (Purokoski 1959, Palko & Ruokanen 1994). Menetelmän heikkoutena on se, että rikkiyhdisteitä sisältävien savespattikkelien esiintyessä karkeamman maa-aineksen seassa selvää havaittavissa olevaa tummaa kerrostumaa ei aina muodostu. Tarpeen vaatiessa ojitushanke tulisi jakaa pienempiin osiin ja vesiensuojelurakenteet mitoittaa niiden perusteella.





Kuva 12. Pintavalutuskentän periaatekuva (Joensuu ym. 2007).

Tehostamalla vesiensuojelutoimenpiteitä sarka-, kokooma- tai valtaojien purkupisteissä vähennetään vesistöön pääsevää kuormitusta.

Turvetuotantoon varattujen ja varattavien soiden pohjamaasta tulisi selvittää sulfidisedimenttien esiintyminen. Uuden turvetuotannon sijoittamista tulee suunnata alueille, joilla happamuuskuormitusriskiä ei ole tai kuormitus on vähäistä. Mikäli tuotantoalueelle haetaan lupaa riskialueelta, tulee luvassa määriteltäväksi kuormituksen estämis- ja vähentämistoimenpiteet. Erityisen tärkeää on edellyttää tässä tapauksessa, että jälkihoidon ja -käytön aikana ei happamuuskuormitusta aiheudu. Happamilla sulfaattimailloja sijaitsevien turvetuotantoalueiden kuivatusjärjestelyt tulisi suunnitella ja toteuttaa niin, että sulfidisedimentit jäävät tuotannon loppuvaiheessakin pohjavesipinnan alapuolelle.

Sulfaattimaa-alueilla tulee välttää sellaisia tuotantosuoja jälkikäyttömuotoja, jotka aiheuttavat happamuuskuormitusta. Alueen vesittäminen tai soistaminen ja mahdolliset muut käyttömuodot, joissa sulfidikerrokset pysyvät pohjavesipinnan alapuolella, estävät tehokkaimmin kuormituksen muodostumista.

## 7.3. Ojituksen vesiensuojelutoimenpiteet

### 7.3.1. Nykytila

Peltoviljelyn ojituksessa vesiensuojelurakenteita tehdään lähinnä vain maatalouden ympäristötuen toimenpiteenä. Näitä ovat sääätösaloitus, säätokastelun ja kuivatusvesien kierrätys sekä monivaikutteiset kosteikot. Metsätaloudessa vesiensuojelutoimenpiteiden käyttö on yleistä ja valtion

rahoittamassa kunnostusojituksessa siitä säädetään yksityiskohtaisesti. Yleisimpiä metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteitä ovat sarkaojiin kaivettavat lietekuopat, kokooja- ja laskuojiin kaivettavat laskeutusaltaat sekä kaivukatkot sekä pintavalutuskentät (kuva 12). Lietekuopat ovat hyvin yleisiä metsätaloudessa ja niitä pyritään kaivamaan 150 – 200 metrin välein. Laskeutusaltaat ovat keskimäärin noin 1,0 – 1,2 m syvempiä kuin siihen laskeva oja, joten kaivussyvyys ulottuu helposti normaaleissakin olosuhteissa kaksi metriä maanpinnan tason alapuolelle. Yleensä laskeutusaltaiden lietetilavuus on keskimäärin noin 10 – 20 m<sup>3</sup>, mutta isojen laskeutusaltaiden lietetilavuus saattaa olla jopa satoja kuutiometrejä. Maanpinnalle läjitettynä kaivumaiden sisältämät rikkiyhdisteet voivat reagoida hapen ja pintavesien kanssa siten, että happamat yhdisteet kulkeutuvat kuivatusojiin ja edelleen vesistöihin. Sarkaojiin kaivettavat lietekuopat ovat matalampia kuin laskeutusaltaat. Niiden kokonaiskaivussyvyys maanpinnan tasosta on normaalisti noin 1,2 metriä. Metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteitä ja niiden mitoitustietoja on esitetty muun muassa metsätalouden vesiensuojeluoppaassa (Joensuu, 2007). Turvetuotannossa käytetään osin samanlaisia vesiensuojelutoimenpiteitä kuin metsätaloudessakin. Turvetuotantoalueen sarkaojissa käytetään lietesyvennyksiä ja muita lietteen pidättämiä. Laskuojissa käytetään yleisesti laskeutusaltaita ja pintavalutuskenttiä. Myös virtaaman säätö, kemiallinen puhdistus tai kosteikot voivat kuulua turvetuotantoalueiden vesiensuojelumenetelmiin (Väyrynen ym., 2008). Menetelmää valittaessa on tärkeää tietää, onko ojitusalue happamalla sulfaattimaalla.

### 7.3.2. Toimenpidelinjauksia

Vesiensuojelutoimenpiteitä suositellaan tehtäväksi happamilla sulfaattimaa-alueilla niin metsätalouden, maatalouden kuin kaikkien muidenkin kuivatus- ja ruoppaustöiden

yhteydessä. Happamilla sulfaattimailla kunnostusojituksen yhteydessä suositellaan sarkaojiin tehtäviksi erityisesti perkaus- ja kaivukatkoja, kokooja- ja laskuojien pienimuotoisia pintavalutuskenttiä ja perkauskatkoja.

Perkauskatkojen ja pintavalutuskenttien käyttö ei edellytä syvempien maakerrosten kaivamista vettä ohjaavia ojia lukuun ottamatta. Syöpymiselle alttiina olevat ojat, joilla on hyväksyttävä syvyys, tulee jättää perkaamatta eikä muualta johdettavia kuivatusvesiä tule ohjata kulkemaan syöpyneiden ojien kautta happamilla sulfaattimaa-alueilla.

Laskeutusaltaiden kaivamista tulee välttää ohutturpeisilla alueilla, koska kaivussyvyys ulottuu normaalisti noin 1,0 metriä ojan pohjaa syvemmälle. Happamat sulfaattimaat ovat yleensä ohutturpeisten soiden ongelma, jotka ovat herkempiä myös eroosiolle, jos turpeen alla oleva kivennäismaalaji on hienojakoinen (esim. hieno hiekka, hieta, hiesu tai savi).

Turvetuotantosoilla tulee huolehtia, että vesiensuoleturpe- kenteistä ei aiheudu happamoitumiskuormitusta. Esimerkiksi sarkaojien lietesyvennyksien kaivamista turvekerrosta syvemmälle kivennäismaahan tulee välttää happamilla sulfaattimaa-alueilla.

## 7.4. Säättösalaajitus ja säättökastelu

### 7.4.1. Nykytila

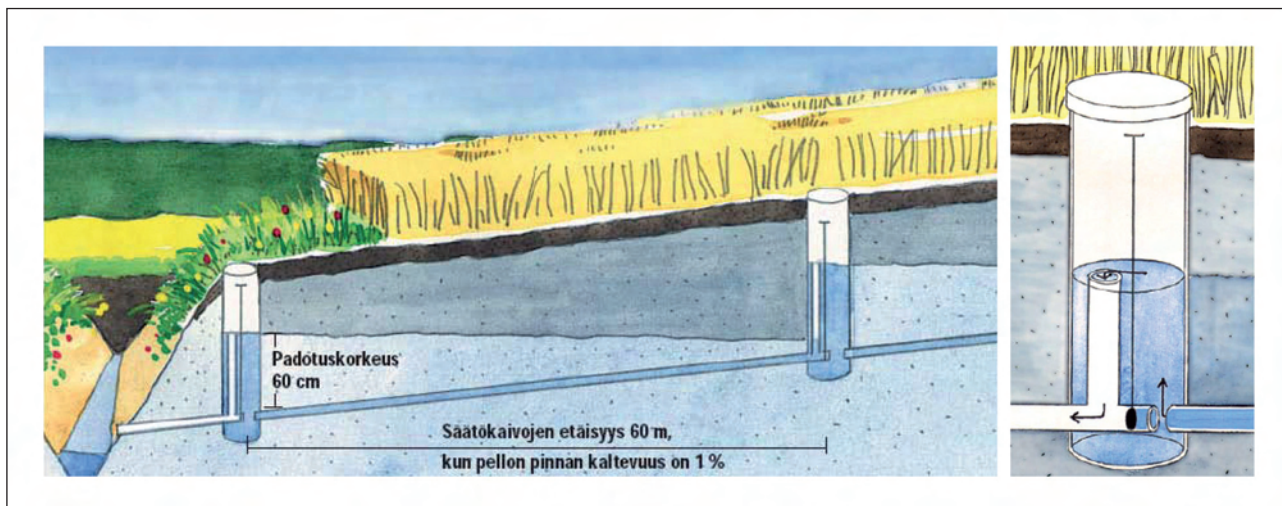
Suomessa käytössä olevassa säättösalaajituksessa tavoitteena on, että salaojakaivojen veden annetaan nousta ojitussyvyyttä korkeammalle aina, kun se on työtekni- sen seikkojen takia mahdollista (Kuva 13). Tällöin pohjamaan sulfidit pysyvät periaatteessa kauemmin veden kyllästä- minä. Suomeksi on keskikesällä kuitenkin monina vuosi- na kuivia jaksoja, jolloin kasvien runsas vedenkäyttö johtaa pohjaveden pinnan huomattavaan laskuun salaojien tason alapuolelle (esim. Joukainen ja Yli-Halla 2003, Bärlund ym. 2005). Onkin tultu siihen päätelmään, että säättösalaajitus voi ehkäistä sulfidien hapettumista silloin, kun nämä ovat melko syvällä (esimerkiksi yli 2 m) maaprofiilissa, mutta lähellä maanpintaa (esim. 1 m) olevien sulfidikerrosten hapettumista säättösalaajituksella ei voida estää, koska salaojitetulla pellolla pohjaveden pinta laskee väistämättä tätä syvemmälle. Säättösalaajituksen positiivisen vaikutuk- sen ilmeneminen vie ilmeisesti useita vuosia (Tuhkanen 2007; Åström ym. 2006). Säättösalaajitus voidaan tehdä myös siten, että olemassa olevaan salaojitukseen tehdään säättökaivot (Pelanteri 1998). Sulfaattimaiden salaojiin sa- ostuu yleisesti ruostetta, joka tukkii ojat vähitellen. Tästäkin syystä näillä alueilla tavanomaiseen syvyyteen tehty ja ve-

den alla pidettävä ojitus on suositeltava ojitusmuoto, koska tällöin rauta pysyy veden kyllästävässä maassa pääosin liuenneessa muodossa eikä muodosta samalla tavalla sa- ostumia kuin tavanomaisesti toteutetussa salaojituksessa.

Kolmivuotiskauden aikana 1999 - 2001 tutkittiin Musta- saarella mm. säättösalaajituksen vaikutuksia erittäin voimakkaalla sulfaattimaailla (Åström et al. 2006), jossa sulfidikerros oli metrin syvyydessä. Tutkimus antoi viittei- tä siitä, että veden viipymä oli säättösalaajitetulla alueella pidempi kuin koekentällä, mikä mahdollisesti saa aikaan tulvahuippujen alenemista. Tulvahuippuja tasaamalla voi- daan haitallisia vaikutuksia vesistöissä vähentää. Sen sijaan pohjavedenpinnan korkeuden nousua ei havaittu säättösalaajitetulla alueella, vaikka alun perin näin oletettiin käyvän. Tutkittuja metalleja (alumiini, beryllium, koboltti, kupari, mangaani, nikkeli, tallium, uraani ja sinkki) liukeni kesäisin sulfideista ja alumiinisilikaateista ja huuhtoutui sen jälkeen sadejaksoina ojiin. Säättösalaajituksella ei vaikutta- nut olevan vaikutusta huuhtoutuneiden metallien määrään, vaikutusta ojaveden pH-lukemiin tai sulfaattipitoisuuksiin. Syynä näihin tuloksiin lienee sulfidien korkea pitoisuus ja esiintyminen melko lähellä maan pintaa siinä kerroksessa, johon salaojat oli kaivettu ja että säättökaivot eivät kye- neet pitämään pohjaveden tasoa riittävän korkeana. Edellä esitetty tulos johtunee siitä, että Mustasaaren säättösala- ojituskenttää ei hoidettu kyllin huolellisesti ja koekenttien sulkujen käytössä oli puutteita. Koetulos osoittaa konk- reettisesti sen, että pelkkä säättösalaajituksen rakentami- nen ei lievitä happamien sulfaattimaiden ongelmia, vaan säättösalaajitusta täytyy hoitaa huolellisesti. Tämä vaatii viljelijältä sitoutuneisuutta ympäristönsuojeluun ja sitä, että hän ymmärtää ne ilmiöt, joihin säättösalaajituksella sulfaat- timailla yritetään vaikuttaa.

Säättösalaajitusta sulfidien hapettumista ehkäisevänä toimenpiteenä tulisi tehostaa johtamalla ojaistoon kesän kuivana aikana täydennysvettä, joka kompensoisi kasvi- en haihdutuksen aiheuttamaa pohjavedenpinnan laskua. Säättökastelun ja kuivatusvesien kierrätyksen avulla voi- taneen säättösalaajitetussa pellossa hidastaa pohjaveden pinnan laskua. Tähän asti nämä toimenpiteet ovat lähte- neet yksinomaan viljelykasvien kastelutarpeesta, mutta niillä saattaa olla sijansa myös happamuuden hallintakei- nona. Ongelmaksi voi tosin muodostua se, ettei täydennys- vettä ole saatavana kesän kuvana aikana. Mahdollisesta veden pumppaamisesta aiheutuu lisäksi kustannuksia. Alavilla pengerrysalueilla, joista ainakin jotkut ovat hyvin ongelmallisia sulfaattimaita (hot spot -alueita), tällainen vesitalouden säätely saattaa kuitenkin onnistua ilman koh- tuuttomia kustannuksia.

Säättösalaajituksen kustannukset ovat 20 – 30 % suurem- mat kuin normaalissa salaojituksessa. Säättösalaajituk-



Kuva 13. Periaatekuva säätökaivojen vaikutuksesta pohjaveden pinnan korkeuteen.

sen hoidosta maksetaan tällä hetkellä ympäristötukea 54 euroa/hehtaari/vuosi (Maatalouden ympäristötuki 2008). Säättökastelusta maksetaan ympäristötukea 108 euroa/hehtaari/vuosi ja kuivatusvesien kierrätyksestä 140 euroa/hehtaari/vuosi. Sopimuksia vuonna 2007 oli yhteensä 21 542 ha; säättösalojitus 21 460 ha ja säättökastelu 82 ha. Maksettu tuki oli yhteensä 3 000 000 €. Vuoden 2005 säättösalojituksen ja säättökastelun pinta-alat kunnittain taulukossa 1. Tuen maksamisen ehtona ei ole ollut kohteiden sijaitseminen happamilla sulfaattimaa-alueilla. Tuetut kohteet sijaitsevat kuitenkin pääosin 60 metrin korkeuskäyrän alapuolella ja saattavat suurelta osin olla happamia sulfaattimaita.

#### 7.4.2. Toimenpidelinjauksia

Maatalouden tukirahoituksella tehtävät säättösalojitukset ja säättökastelut tulisi suunnata happamille sulfaattimaille ja happamien sulfaattimaiden salaojituksia tulisi muuttaa säättösalojituksiksi. Säättösalojitukset on tarpeen suunnitella ja hoitaa hyvin. Uusjaon yhteydessä tulisi selvittää mahdollisuudet toteuttaa salaojituksen sijasta säättösalojitusta tai säättökastelua. Säättösalojituksen käyttöön ja hoitoon on kiinnitettävä erityistä huomiota esimerkiksi sisällyttämällä tukisopimuksiin edellytys käyttö- ja hoitosuunnitelman laatimisesta. Maanviljelijöille tulee järjestää koulutusta, että he osaavat hoitaa säätökaivoja niin, että niistä saadaan paras hyöty sekä viljelylle että vesiensuojelulle.

Säättösalojitusta ja säätökaivoja tulisi kehittää edelleen, jotta pohjaveden korkeuden hallinta paranisi, ja sulfidien hapettumismahdollisuudet vähenisivät. Jotta hapettuminen pystyttäisiin estämään myös kesän kuivina kausina, tulisi edistää lisäveden hankintamahdollisuuksia ja veden johtamista pellon ulkopuolelta salaojakaivoihin. Tämä kompensoi kasvien veden haihdutuksen seurauksena tapah-

tuva pohjaveden pinnan laskua. Sopivaa vesistöä, josta vettä voitaisiin pumpata, ei ole tarjolla kaikissa paikoissa ja pumppaamisesta aiheutuu kustannuksia. Tästä menetelmästä tulisi saada lisää käyttökokemusta Suomesta.

Säättösalojituksen kehittäminen on mukana Suomen ympäristökeskuksen yhdessä maatalouden tutkimuskeskuksen ja eräiden muiden tahojen kanssa valmistelemassa life hankehakemuksessa (Catermass -hanke, Liite 5). Tätä kautta pyritään saamaan vuosina 2010 - 2012 lisää tietoa säättösalojituksen kehittämisestä ja optimaalisesta hoidosta. Tulisi varmistaa, että nämä kenttäkokeet toteutetaan myös siinä tapauksessa, että Catermass -hanketta ei rahoiteta.

### 7.5. Vesistöjen pohjapadot

#### 7.5.1. Nykytila

Pohjapadoilla voidaan säädellä vedenpinnan korkeutta ojissa ja ehkäistä mm. kuivatuksesta aiheutuvaa eroosiota patoamalla vettä ojastossa tai maalla. Setti- ja putkipatojen toimintaperiaate on sama kuin pohjapadolla eli ne säätelevät vedenpinnan korkeutta. Alun perin pohjapatoja on käytetty veden virtausnopeuden hidastamiseen, ja sitä kautta eroosion vähentämiseen. Patojen avulla vähennetään kiintoainetta ja ravinteiden kulkeutumista vesistöihin. Toimenpiteillä voidaan vaikuttaa jossain määrin myös vedenpinnan vähimmäiskorkeuteen kesäaikana. Äärevimpinä kuivuusjaksoina ojiin tulevien kuivatus- ja valumavesien määrä saattaa kuitenkin olla niin vähäinen, että veden pinta laskee padoista huolimatta ojan alapuolella sijaitseviin maakerroksiin. Putkipatojen hinta vaihtelee noin 10 – 60 €/m toteutustavasta riippuen. Pohja- ja settipadot ovat huomattavasti kalliimpia. Hinta-arvio vaihtelee noin 3 000 – 5

000 €/kpl. Pohjapatoja voidaan rakentaa paikasta riippuen myös kevyemmin, jolloin hinta on keskimäärin muutamia satoja euroja/pato.

Sirppujoen valuma-alueella on vuosina 1994 rakennettu 17 pohjapatoa. Kustannukset suunnittelusta ja rakentamisesta olivat noin 50 000 € (Triipponen 2000). Ennen pohjapatojen rakentamista otettiin vesinäytteet pohjapatojen vaikutus-alueella sijaitsevista puroista sekä vertailupuroista. Näytteenottoa jatkettiin vuoteen 2001 saakka. Pohjapatojen rakentamisen jälkeen pH oli 0,3 – 0,5 pH-yksikköä korkeampi kuin ennen pohjapatojen rakentamista. Asiditeetti oli noin 0,3 mmol/l pienempi kuin ennen pohjapatojen rakentamista. Näytteitä otettiin kuitenkin niin vähän, ettei tulosten perusteella voida tehdä kovin luotettavia päätelmiä.

## 7.5.2. Toimenpidelinjauksia

Happamien sulfaattimaa-alueiden laskuoihin tulisi mahdollisuuksien mukaan tehdä pohjapatoja. Pohjapatojen suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota sekä maaperän happamuuteen että eroosion hallintaan. Tulee pyrkiä siihen, että padottu alue on riittävän suuri. Pohjapadon yläpuolella tulee rakentaa lietekuoppa. Tarpeen mukaan tulee käyttää kiveystä tai kuitukangasta eroosion ehkäisemiseksi. Mahdollisuuksien mukaan tulee patoon tehdä kaksi rumpuaukkoa. Jos käytetään vain yhtä rumpua, tulee ylimääräiselle vedelle tehdä reitti padon viereen eroosion ehkäisemiseksi. Kahdesta rummusta ylempi voi säätää veden enimmäismäärä, mikä estää alueen tulvimisen. Rumpujen koko riippuu valuma-alueen koosta.

Taulukko 1: Säätösalojitetu ja säätökastelu pinta-ala kunnittain ympäristötukisopimusten perusteella vuonna 2005.

KUNTA	Säätösalojitus ha	Säätökastelu ha
Lapua	2 608	
Mustasaari	2 386	
Närpiö	2 218	
Isokyrö	2 112	45
Tyrnävä	2 030	
Laihia	1 607	
Ylistaro	1 450	
Liminka	1 083	
Kauhajoki	1 054	
Vähäkyrö	1 044	
Kauhava	829	
Ruukki	776	
Siikajoki	712	
Kristiinankaupunki	696	13
Alahärmä	680	
Lumijoki	635	
Jurva	526	
Ilmajoki	519	
Ylihärmä	508	
Kalajoki	504	
Kannus	473	
Maalahti	459	
Seinäjoki	421	
Kokemäki	373	
Pyhäjoki		37
Köyliö		15
Himanka		13
Mietoinen		11
Karvia		10
YHTEENSÄ	25 704	144
MUU SUOMI	6 676	28
KOKO SUOMI	32 380	172



## 8. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen torjunta

Sulfaattimaita on kuivatettu tehokkaasti varsinkin 1970-luvulta lähtien. Näiltä mailta tulee säätilan vaihtelua myötäilevällä tavalla vaihtelevansuuruinen happamuus- ja metallikuormitus. Klassinen happamuuden torjuntakeino on happamuuden neutraloiminen emäksellä. Neutralointitoimet voidaan tehdä maassa tai vesistöissä. Happamuuden vaikutuksia voidaan yrittää vähentää myös laimentamalla happamia kuivatusvesiä. Vesistöissä tapahtuva kalkitseminen on kallista happamuushaittojen jälkihoitoa, ja toimenpiteitä voidaan suositella ainoastaan ennalta arvaamattoman haitan nopeaan korjaamiseen.

### 8.1. Maaperän kalkitus

#### 8.1.1. Nykytila

Pellon kalkitus on ollut perinteinen keino, jolla happamat sulfaattimaat on saatu hyvään viljelykuntoon. Kalkituksella voidaan neutraloida muokkauskerros, johon kalkki sekoitetaan, mutta kalkituksella on melko vähän vaikutusta salaoiden kautta tulevien valumavesien laatuun. Tämä kävi ilmi esimerkiksi Limingan Tupoksessa tehdyistä kenttäkokeista (Palko 1988). Kalkin määrän vaikutusten selvittämiseksi peltoalueilla lisättiin kalkkia hehtaaria kohden 15 tonnia ja 30 tonnia. Näiden kahden koealueen valumavesissä esiintyi ainoastaan pieniä eroja. Neljän ensimmäisen vuoden aikana valumavesien happamuus oli 5-35 % pienempi koeruuduilla, joille oli levitetty enemmän kalkkia, mutta kahdeksan vuoden kuluttua eroja ei ollut nähtävissä. Suuremman kalkkimäärän saaneilta koeruuduilta tulleissa vesissä alumiinipitoisuudet vähenivät merkittävästi ja väheneminen oli suurempi salaojitetulla alueella kuin avo-ojitetulla. (Weppling 1997)

Palko ja Weppling (1994) laskivat, että 10 cm paksun sulfaattikerroksen happamuuden neutraloimiseen tarvitaan 31 tonnia kalkkia hehtaaria kohden (teoreettinen määrä), mikä on moninkertainen tavanomaiseen peltokalkitukseen verrattuna. Tutkimusten mukaan neutralointi oli tehokkaampaa, jos kalkki sijoitettiin syvempään maakerrokseen (20 - 40 cm), koska pintakerroksessa (0-20 cm) runsas orgaanisen aineksen määrä kulutti kalkin neutraloivaa vaikutusta. Vielä kahdeksan vuoden kuluttua 15 tonnia kalkkia

hehtaaria kohden saaneiden ruutujen maan pH oli 0,5-1 yksikköä korkeampi ja 30 tonnia kalkkia hehtaaria kohden saaneiden ruutujen pH oli 1-1,5 yksikköä korkeampi kuin kokeen alussa. Kahdeksan vuoden jälkeen pH-arvot olivat salaojitetuilla pelloilla korkeampia kuin avo-ojitetuilla. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että salaojitetulla alueella happamoittavat aineet huuhtoutuivat salaojaputkiin, kun taas avo-ojitetuilla pelloilla osa niistä kulki pintamaahan kapillaariveden mukana, mikä kulutti kalkkia (Palko & Weppling 1994)

Mustasaaren koekentällä, jossa käytettiin kymmenkertaisen kalkkimäärä tavalliseen pintakalkitukseen verrattuna, kalsiumpitoisuudet olivat kuitenkin alhaisemmat kuin muilla kentillä. Voidaan olettaa, että kalkki ei ollut kyennyt neutraloimaan syntyvää happamuutta, vaan rautayhdisteet ovat saostuneet kalkkipartikkelien pinnoille. Pintakalkituksella ei näytä olevan vaikutusta metallien pitoisuuksiin vedessä (Åström ym. 2006).

Tupoksen kentällä tutkittiin myös kalkituksen vaikutuksia kaurasatoon. Kauranjyvien kalsiumin, magnesiumin ja mangaanin pitoisuudet olivat huomattavasti suurempia ja koboltin pitoisuus huomattavasti pienempi sillä pellolla, jossa kalkitus oli kaksinkertainen verrattuna normaalimäärään. (Palko 1988). Todettakoon, että Tupoksen kentällä ei ollut kalkitsematonta verrannetta, koska maa oli kalkitsemattomana liian hapan viljelymaaksi.

Sulfaattimaiden kalkitus on ollut maatalouden ympäristötukiohjelman erityistukitoimenpiteenä kahdella aikaisemalla ohjelmakaudella eri laajuisena.

#### 8.1.2. Toimenpidelinjauksia

Sulfaattimaiden viljelyn kannalta pintamaan kalkitus on erittäin tarpeellista ja suositeltavaa. Suuremman kalkkimäärän lisääminen ylimpään maakerrokseen ei kuitenkaan vähennä happamoittavien aineiden huuhtoutumista vesistöihin. Jotta lisätyllä kalkilla olisi merkittävää vaikutusta vesistöihin kohdistuvaan happamuuskuormitukseen, se pitäisi lisätä syvemmällä oleviin maakerroksiin, joissa sulfidien hapettuminen tapahtuu. Tähän soveltuvaa kustannustehokasta menetelmää ei ole kuitenkaan olemassa. Tältä osin kalkitusmenetelmiä tulisi kehittää.

Peltojen kalkitus on harvoin kustannustehokasta toimintaa ainoastaan happamoitumishaittojen vähentämiseksi. Yhtenä vaihtoehtona tulisi selvittää, olisiko pitkään jatkuneiden kuivakausien jälkeisillä oikein kohdennetuilla kalkituksilla ennaltaehkäisevää vaikutusta vesistöhaittojen vähentämisessä.

## 8.2. Vesistöjen kalkitus

### 8.2.1. Kalkitusasemat

#### 8.2.1.1. Nykytila

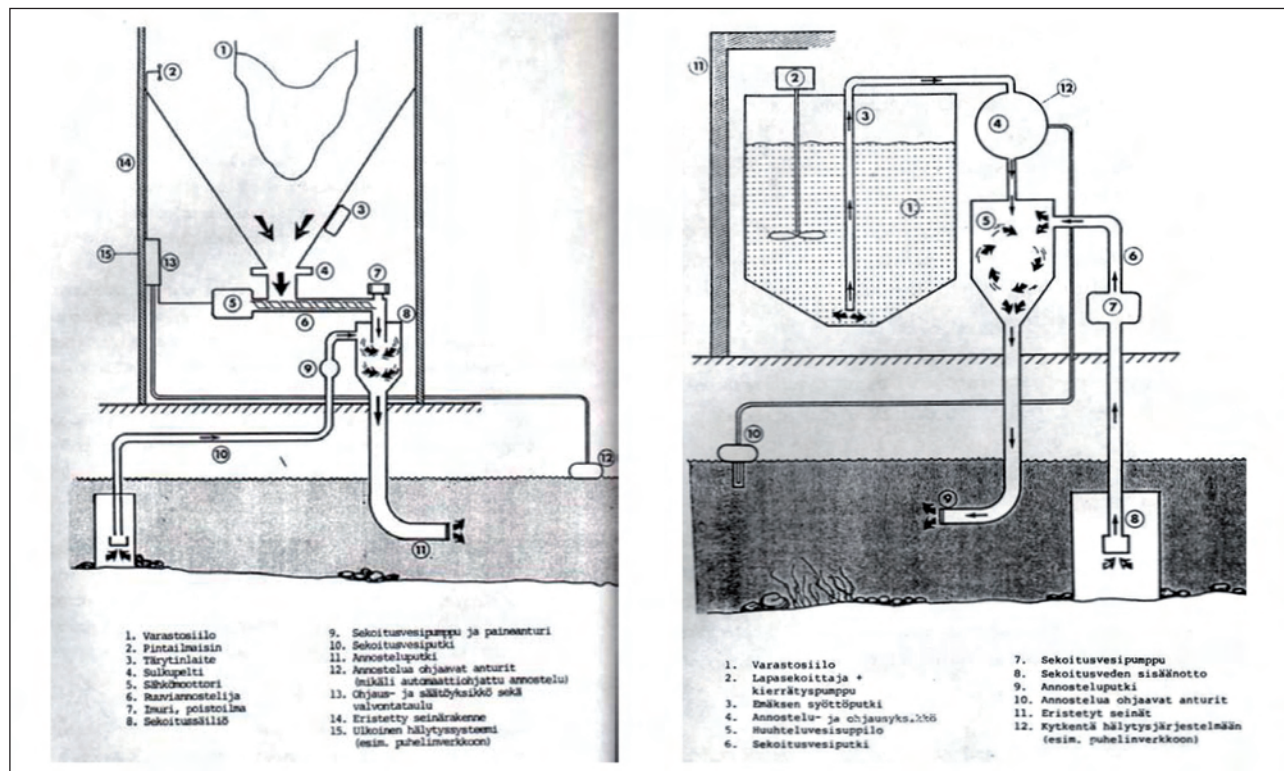
Vesistöjen suorakalkitus tulee kyseeseen ainoastaan erikoistapauksissa, koska menetelmällä on useita haittoja. Menetelmän perustamiskustannukset samoin kuin etenkin käyttökulut ovat korkeat ja sopivat parhaiten vesistöihin, joissa on kohtalainen sulfaattimaiden vaikutus ja/tai vähäinen virtaama. Menetelmä voi tulla kyseeseen, kun on kyse pienten vesistöjen pelastamisesta; esimerkiksi, jos kyseessä on tärkeä raakavesivaranto tai kalojen hengissä säilyminen on suoraan riippuvainen happamoitumisen ehkäisemisestä (Rantala 1991). Vesistöjen suorakalkitukseen käytetään pääasiassa kalkkivijauhetta ( $\text{CaCO}_3$ ), Neutralointiin tarvitaan usein noin 200 g kalkkia vesikuutiota kohti, mutta tarkka määrä riippuu kalkin raakoosta, sen karbonaattipitoisuudesta, annostukseen käytettävästä tekniikasta sekä siitä, mihin tavoitteisiin halutaan yltää (Lakso ym. 1989). Suuri osa kalkin neutralointivaikutuksesta menee metalliyhdisteiden saostamiseen. Pumppuasemia on usein käytetty kalkitukseen, koska pumppu pystyy sekoittamaan kalkin vesimassaan tehokkaalla tavalla.

Metallipitoisten kuivatusvesien kalkituksen haittapuoli on, että vesistön pohjaan kertyy paljon metallisakkaa. Veden

pH:n noustessa erityisesti alumiinia ja rautaa saostuu hydroksideina (Lakso ym. 1989), ja niiden syntyminen kuluttaa paljon emäksisistä aineista. Jos veden happamuusarvo eli asiditeetti (mmol/l) on korkea, kalkin liukenemisaste on matala. Titraamalla määritettävä happamuusarvo osoittaa pH-arvoa paremmin neutralisointiin tarvittavan kalkin määrän, koska metallit toimivat puskuriyhdisteinä matalissa pH-arvoissa. Mitä happamampaa vesi on, sitä suuremmat ovat metallipitoisuudet ja siten myös neutralointiin tarvittavan aineen (kalkin) kulutus on suurempi.

Kalkitusasemat voidaan jakaa kahteen ryhmään: kuiva- ja märkäannostelijoihin (kuva 14). Kuiva-annostelijassa kuiva jauhe lisätään vesistöön sellaisenaan tai sekoittamalla se veteen. Märkäannostelijassa käytetään tehdasvalmisteista liuosta, esim. kalkkilietettä tai lipeää.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella kalkituskokeiluihin kuului 1980-luvulla useita vesistöjä, muun muassa Kyrönjoki, Sulvanjoki, Lapväärtinjoki, Lappsundinjoki, Karperönjärvi ja Iskmo (Mustasaari). Neutralisointiaineenä käytettiin useimmissa paikoissa kalsiumkarbonaattia ( $\text{CaCO}_3$ ), joissakin käytettiin myös kalsiumoksidia ( $\text{CaO}$ ). Lappsundinjoessa lisättiin 150 g kalsiumoksidia yhteen kuutiometriin vettä, mikä sai pH-arvon nousemaan yli 6:n. Lapväärtinjoessa lisättiin kalsiumkarbonaattia yhden pumppuaseman kautta 400 g yhtä kuutiometriä vettä kohden, joka sai pH-arvon nousemaan noin 0,7 pH-yksikköä (Rantala 1991).



Kuva 14. Kalkitusasema kuiva- ja märkäannostelijalla veden neutralisointia varten. (Lakso ym., 1989).

Vuonna 1987 tehtiin kalkituskokeilu Sulvanjoessa, joka laskee Sundominlahteen Vaasan eteläpuolelle. Neutralisoijana käytettiin kalsiumoksidia (CaO) ja se annosteltiin kuiva-annostelijalla. Kalkituksen jälkeen veden happamuusarvo sekä alumiini- ja rautapitoisuudet laskivat, kun taas sulfaattipitoisuus, pH-arvo ja sähkönjohtavuus lisääntyivät. Kalkihiukkaset kasautuivat heti lisäämisen jälkeen ja nämä hiutaleet kerrostuivat joen pohjalle ja neutraloivat pohjasedimenttiä. Kalkituksen vaikutus oli nähtävissä myös Sundominlahdessa. Kirjoittajan näkemys oli, että kalkitsemalla Sulvanjokea voidaan vähentää Sundominlahden happamoitumisongelmaa (Rekilä 1988).

Alunaryhmä, joka perustettiin selvittämään happamien sulfaattimaiden aiheuttamia happamoitumisongelmia, kävi 1990-luvun alussa läpi 28 vesistöä Suomen länsi- ja lounaisrannikon alueella. Ryhmä suositteli seuraavien vesistöjen kalkitsemista: Lestijoki, Kruunupyynjoki, Harrströminjoki, Lapväärtinjoki ja Sirppujoki (Rantala 1991). Vuonna 1992 käytössä oli kolme automaattiannostuksella varustettua kalkitusasemaa: Harrströminjoessa, Lapp-sundinjoessa ja Kruunupyynjoessa. Nykyään ainoastaan Kruunupyynjoen kalkitusasema on käytössä.

Vuonna 1990 Suomessa käytettiin noin 2000 tonnia kalkikiveä vesistöjen neutralointiin. Lisäksi käytettiin noin 400 tonnia kalsiumoksidia erityisesti neutraloimaan sellaisia vesistöjä, joiden valuma-alueilla oli happamia sulfaattimaita.

Vuosina 1991–1992 Nokian Alisenjärvellä toteutettiin neutralointihanke (Iivonen & Kenttämies 1993). Vuoden 1992 aikana järveen lisättiin yhteensä 60,8 tonnia kalkkia ja vedenlaatua tarkasteltiin ennen ja jälkeen kalkituksen. Kalkituksen jälkeen pintaveden pH-arvo nousi ja puskurointikyky lisääntyi. Muut parametrit eivät muuttuneet merkittävästi.

Kaakkois-Suomessa sijaitsevaa Kaltonjokea kalkittiin keväällä 1992 lisäämällä 25 ja 17 tonnia kalkkisoraa kahteen valuma-alueen puroon. Vertailupuroon verrattuna kalkitus nosti pH-arvoa jonkin verran toisessa purossa kesän aikana, mutta syksyn aikana pH-arvo taas laski eikä enää voinut estää happaman syysvirtaaman vaikutuksia. Toisessa purossa kalkituksella ei juuri ollut vaikutusta (Iivonen & Kenttämies 1993).

Sirppujoen vuosien 1990 – 94 välillä tapahtuneen perkausten yhteydessä joen varteen oli vuonna 1989 perustettu Halluun kalkitusasema happamuushaittojen torjumiseksi. Triipposen (1997) raportissa esitetään laskelmia vesistö-kalkituksen kustannuksista ja vaikutuksista. Kun syötettiin kalkkia noin 50 g/s keskimääräisellä ylivirtaamalla (10 m<sup>3</sup>/s), oli mahdollista nostaa pH-arvoa noin 0,2 pH-yksik-

köä (4,6 → 4,8) ja kustannukset olivat 500 – 850 €/vrk. Jos pH-arvo on hyvin alhainen, pH-arvon nousu 0,2 yksiköllä ei kuitenkaan riitä takaamaan kalojen ja muun eliöstön elinmahdollisuuksia. Jos Sirppujoen pH-arvoa haluttaisiin nostaa 5,2:een kustannukset olisivat noin 2 500 – 3 400 €/vrk. Kun hapanta valumavettä virtaa Sirppujoessa ainakin kuukauden ajan sekä syksyllä että keväällä, vuotuiset kustannukset olisivat noin 170 000 €.

Huttu (2007) on puolestaan arvioinut, että Kyrönjoella kriittisten alueiden kalkkisuodinojituksella olisi mahdollisuus päästä samaan neutralointitulokseen kuin vesien suoralla kalkituksellakin.

### 8.2.1.2. Toimenpidelinjauksia

Happamuusongelmat on ensisijaisesti estettävä ongelman syntypaikoilla. Vesistöjen kalkitus on vain ennakoimattomiin poikkeustapauksiin soveltuva tilapäinen ratkaisu. Suoraa vesistö-kalkitusta voidaan kuitenkin suositella harkinnan jälkeen esimerkiksi pieniin sivu-uomiin, joilla on selkeä merkitys luonnontaloudellisesti arvokkaassa vesistössä. Vesistö-kalkitus soveltuu parhaiten pienille vesistöille, joissa happamilta sulfaattimailta tulevien vesien osuus on pieni tai kohtalainen. Vesistö-kalkitus soveltuu huonosti isoihin vesistöihin, koska tarvittavat kalkkimäärät ovat suuria ja liukenematon kalkki ja metallisakka aiheuttavat ongelmia.

Vesistöjen kalkitsemista voidaan suositella merkittävän happamuushaitan nopeaan korjaamiseen. Kuivatusvesien kalkitsemisesta tulisi laatia valuma-aluekohtaiset suunnitelmat, joissa arvioidaan missä vesistöissä ja missä tilanteissa kalkitsemiseen kannattaa ryhtyä. Kuivatusvesien kalkitseminen voitaneen kustannussyistä toteuttaa vain joissain yksittäisissä tapauksissa, kun se on kuivatusvesien johtamisen kannalta välttämätöntä. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi laskuojan perkaus tai ennalta arvaamattoman vakavan tilanteen korjaaminen.

Kalkitusaseman ja kalkin hankintaa varten tarvitaan riittävä rahoitus (haitan aiheuttaja) ja suunnitelma aseman hoitamiseksi happamuuspiikkien aikana. Myös siirrettävän kalkkiaseman hankinta voi olla erityistapauksissa järkevää, sillä voidaan happamuuden aiheuttamia vahinkoja ainakin rajoittaa, mikäli kalkitusta pystytään järjestämään oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Vesistö-kalkituksen kustannukset ovat kuitenkin melko suuret ja tulokset ovat vaihtelevia. Myös kalkitusaseman saaminen ajoissa nopeasti syntyvään, yllättävään tilanteeseen on todennäköisesti vaikeaa. Kalkitusasema tulisi varustaa automaattisella hälytystoiminnolla, joka ilmoittaa toimintahäiriöistä. Kriittisenä ajankohtana tapahtunut lyhytkin katko kalkituksessa voi olla erittäin haitallista vesielämälle. (Rantala 1991).

Vesien kalkitus pitää suunnitella huolella, koska menetelmä sopii parhaiten pienille vesistöille ja/tai vesistöille, jotka ovat harvoin happamia. Tässä yhteydessä tulee selvittää uhanalaisten lajien tai muiden tärkeiden lajien esiintymistä alueella yhteistyössä asianomaiseen ympäristöviranomaisen ja kalastusvastaavien kanssa (Rantala 1991).

Kalkitusaseman alapuolelle olisi syytä mahdollisuuksien mukaan rakentaa laskeutusallas, johon kerätään metalli- ja kalkkisakat. Jos veden asiditeetti ylittää 2 mmol/l, kannattaa kokeilla jotain muuta menetelmää, koska näin happamassa vedessä kalkin liukeneminen veteen voi olla 20 - 25 % luokkaa (Wepppling 1997). Happamuuden ollessa näin voimakasta suorakalkituksesta tulee erittäin kallis toteuttaa sellaisessa mittakaavassa, että sillä olisi vaikutusta. Lisäksi toimenpiteen tuloksena muodostuisi suuri määrä metallilietettä vesistön pohjalla.

## 8.2.2. Anaerobiset kalkkipadot

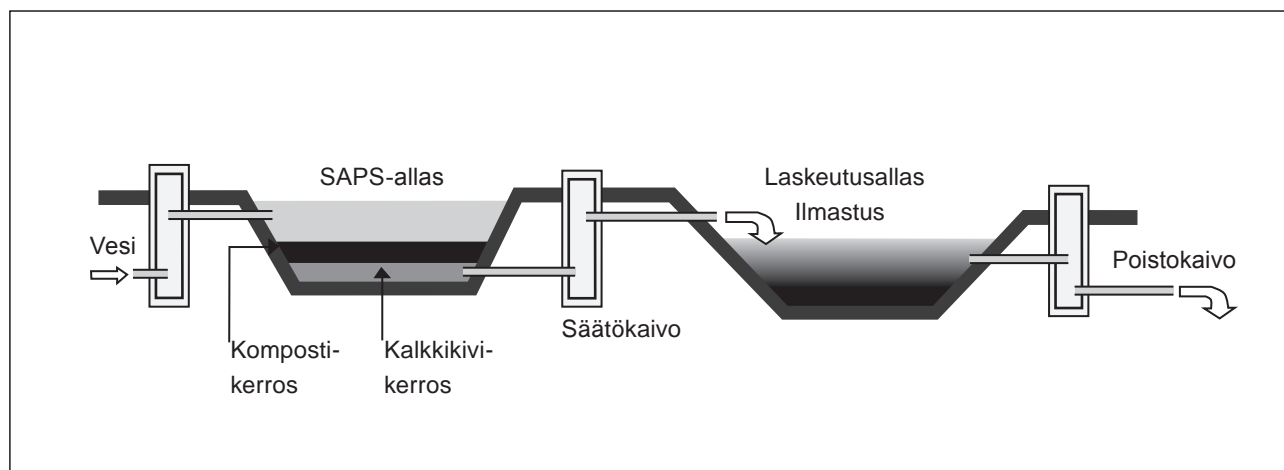
### 8.2.2.1. Nykytila

Happamien sulfaattimaiden valumavesien laatu ja niiden aiheuttamat ongelmat ovat samanlaisia kuin kaivosten happamien vesien aiheuttamat ongelmat. Näin ollen samanlaisia menetelmiä voidaan periaatteessa käyttää molempien vesien käsittelyssä. Vesistöjen kalkituksen ja muiden aktiivisten menetelmien korkeiden käyttökustannuksien vuoksi on lähinnä Yhdysvalloissa kehitetty 1970-luvulta lähtien erilaisia menetelmiä kaivoveden käsittelyyn. Yksi näistä menetelmistä on anaerobiset kalkkipadot, jotka vie-

vät vähemmän tilaa kuin suuret kosteikot ja voivat toimia alkaliniteetin tuottajana (Kustula ym. 2005a).

Anaerobisiin kalkkipatoihin kuuluvaa kuivatusvesien neutralointilaitosta (successive alkalinity producing system, SAPS, kuva 15) on testattu Rintalan alueella Ilmajoella. Neutralointi perustuu mikrobien aikaansaamaan pelkistymiseen ja siihen liittyvään pH:n nousuun. Kokeet tehtiin ensin laboratorio-olosuhteissa ja sitten pilot-mittakaavassa. Laitos suunniteltiin koostuvaksi kolmesta rinnakkaisesta linjasta, joissa kussakin oli eloperäistä ainesta sisältävä suodatin, kalkkikivikerros ja aerobinen selkeytysallas. Lisäksi kahdessa linjassa oli olkikompostia (varsinaisia SAPS-järjestelmiä) ja toisessa vielä kipsiä. Tarkoituksena oli neutraloida veden happamuus ja saostaa siinä olevat metallit. Jos vedessä oli liian korkeat happipitoisuudet, hydroksidit saostuivat kalkkikerroksen pinnalle, mikä esti kalkin ja neutraloitavan veden väliset reaktiot. Kompostikerroksen tehtävänä oli edistää biologista sulfaatinpelkistystä ja poistaa käsiteltävästä vedestä happea. Sen jälkeen vedet johdettiin laskeutusaltaaseen metallihydroksidien saostumista varten (Kustula ym. 2005b).

Laitos rakennettiin ja otettiin käyttöön vuonna 2001 ja koetta jatkettiin vuoteen 2004 saakka. Käsittelylinjat nostivat veden pH-arvoa ja lisäsivät veden puskurikykyä. Asiditeetti aleni selvästi kaikissa käsittelyissä. Kompostialtaat poistivat hapen hyvin, mutta sulfaattipitoisuudet eivät laskeneet merkittävästi. SAPS-suodattimien toiminnassa ei vedenlaadun perusteella arvioituna ollut havaittavissa heikkenemistä kolmen vuoden koejakson aikana (Kustula ym. 2005b).



Kuva 15. SAPS-järjestelmän periaatekuva (Kustula ym. 2005).



Menetelmän ongelmana on kylmä talvi. Mikrobitoimintaa ei juuri tapahdu ainakaan kevätvalunnan aikana. Vesimäärät ovat keväällä ja joskus myös syksyllä niin suuria, että tarvittavaan vesien käsittelytehoon ei välttämättä päästä. Lisäksi suuret pH-vaihtelut eivät suosi biologisia prosesseja. Menetelmä voisi sopia sellaisiin kohteisiin, joista tulee pienehkö määrä hyvin happamia vesiä, ns. hotspot-alueet.

#### 8.2.2.2. Toimenpidelinjauksia

Anaerobisten kalkkipatojen ja muidenkin uusien menetelmien kehittämistä tulisi jatkaa. Anaerobiset kalkkipadot ovat toimineet hyvin pilot-mittakaavassa, mutta useita teknisiä ongelmia pitää ratkaista ennen kuin menetelmää voidaan käyttää suuremmassa mittakaavassa. Laitos pitäisi suunnitella niin, että metallisakka ei joudu järjestelmään ja että virtaamat voidaan pitää halutulla tasolla. Suuremmassa mittakaavassa laskeutusaltaiden vaatima pinta-ala on huomattava, ja perustamis- ja käyttökustannukset voivat muodostua suureksi. Verrattuna suoraan vesistökalkkitukseen SAPS-käsittely on todennäköisesti kuitenkin halvempi ja ympäristölle turvallisempi ratkaisu.

### 8.2.3. Kalkkirouhepadot ja -pohjat

#### 8.2.3.1. Nykytila

Kalkkirouhepatoja on käytetty pienten purojen kalataloudellisissa kunnostuksissa, joissa tavoitteena on ollut sekä veden pinnan nosto että pH:n lievä nosto. Tutkimustuloksia menetelmän laajemmasta käytöstä sulfaattimailla ei ole tiedossa.

Vuonna 1992 tehtiin Kaltonjoen vesistö-alueella Kaakkois-Suomessa koekalkitus. Kaltonjoen kahden sivuhaaran kevätvaluman pH-arvo oli usein alle 5,0 korkeanilmaperäisen kuormituksen vuoksi. Koekalkitukseen valittiin kalkkikivirouhetta (raekoostumus 94,8 % < 6 mm, 53,0 % < 2 mm), joilla peitettiin molempien purojen pohja noin 30 metrin matkalta ja 15 – 20 cm:n paksuudelta. Kokeen perusteella todettiin, että todennäköisesti hyödyllisin on puroon levitettävä karkearakeisen kalkkikivirouheen jae, jonka raekoostumus on 0,5 – 1 mm. Toiseen puroon tehty kalkituksen vaikutus näkyi jonkin verran seuraavana kesänä, mutta ei enää syksyllä, jolloin puron pH-arvo oli sama kuin vertailupuron ja pH-arvo laski selvästi alle 6:n. Toiseenkaan puroon tehdyn kalkituksen vaikutus ei näkynyt seuraavana syksynä vedenlaadussa (Iivonen & Kenttämies 1993).

#### 8.2.3.2. Toimenpidelinjauksia

Kalkkirouhepatojen ja -pohjien käytöstä tarvittaisiin lisää käyttökokeita ja tutkimustietoa.

## 8.3. Kalkkisuodinoijat

### 8.3.1. Nykytila

Kalkkisuodinoja on salaoja, jonka kaivannon täyttömaahan on sekoitettu 3 – 10 % poltettua kalkkia (kuva 16). Näin saadaan aikaan emäksinen vyöhyke siihen maakerrokseen, jonka läpi suurin osa valumavesistä kulkeutuu salaojaan. Happamat vedet neutraloituvat kulkiessaan tämän vyöhykkeen läpi. Kalkkiseoksen ansiosta ojakaivannon vedenläpäisevyys paranee ja valumavedet suodattuvat hyväraenteisen emäksisen maa-aineksen läpi. Neutraloitunut vesi ohjataan salaojaputken kautta purkuvesistöön. Myös veden mukana liikkuvaa fosforia sitoutuu ojakaivantoon. Ensimmäiset maininnat kalkkisuodinojituksista ovat jo 1950-luvun alusta (Puustjärvi ja Juusela 1952). Kyseinen tutkimus tosin tähtäsi oijen ruostesaostumien torjuntaan turvemilla.

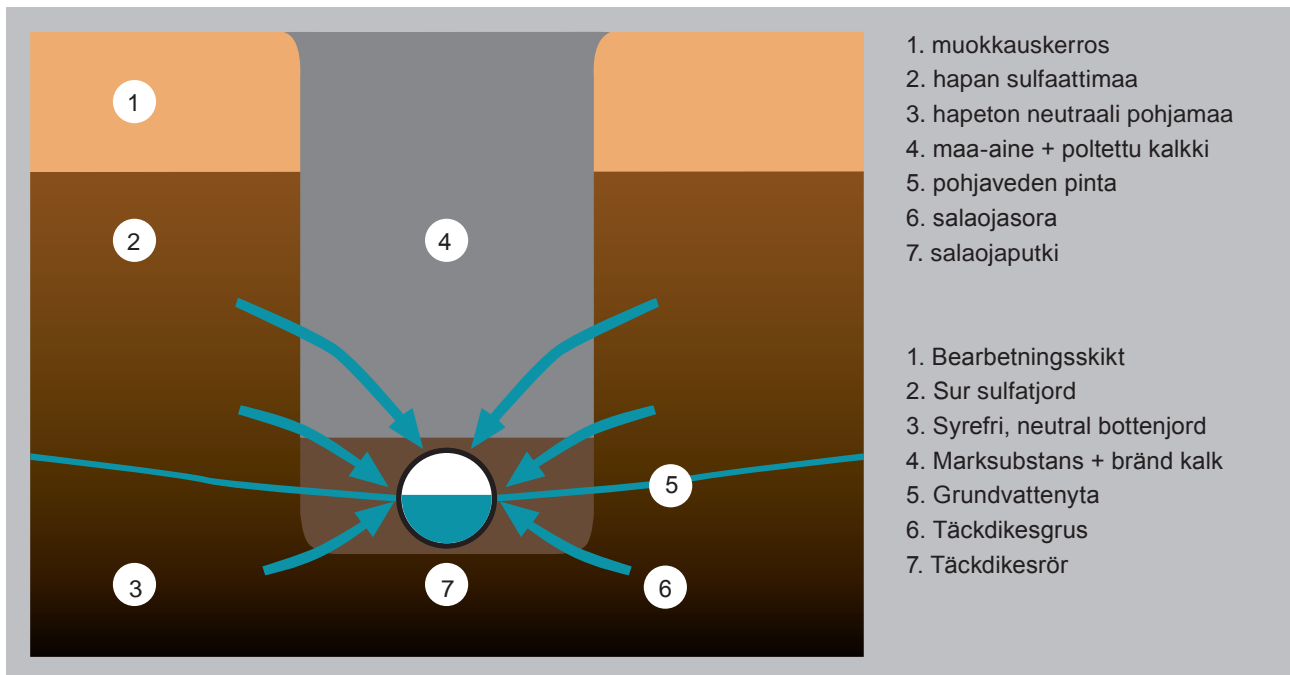
Suomessa on toteutettu viime vuosien aikana melko paljon peltojen kalkkisuodinojituksia ja suuri osa niistä on tehty happamilla sulfaattimailla. Kalkkisuodinoituksen tehon on kuitenkin todettu heikkenevän muutamassa vuodessa melkoisesti (Triipponen 1997, Weppling 1997, Tuhkanen 2007). Sirppujoen valuma-alueella tehtiin kalkkisuodinojaa vuonna 1994, ja sitä seurattiin vuosina 1994 – 1996 (Triipponen 1997). Kalkkisuodinojakokeen happamuusaste oli keskimäärin 0,53 pH-yksikköä korkeampi kuin vertailukohde, mutta suurin osa pH-noususta tapahtui ensimmäisenä ja toisena vuotena. Kolmen vuoden jälkeen pH-arvot eivät eronneet paljon toisistaan. Sähkönjohtavuusarvoihin kalkkisuodinoituksella ei ole ollut vaikutusta (Triipponen 1997). Menetelmä on osoittautunut toimivan hyvin vielä viisi vuotta asennuksen jälkeen, jos maaperästä on jo huuhtoutunut suurin osa sulfideista pois. Maaperässä, jossa sulfidit ovat heikosti huuhtoutunut, teho on näkynyt vain ensimmäisen vuoden aikana. (Bärlund ym. 2005). Koska menetelmä perustuu kalkin neutraloivaan vaikutukseen, kalkin teho loppuu aika nopeasti happamissa sulfaattimaissa. Kalkin tehon loppuessa on riski, että jo saostuneita metalleja vapautuu jälleen vesiin (Österholm 2005). Kalkkisuodinoituksen kustannuksiksi on vuonna 1998 arvioitu noin 5 €/m, mikä oli tuolloin noin kaksinkertainen tavanomaisen salaojituksen kustannuksiin (Joukainen 1998). Nykyään (vuonna 2007) kustannustaso on noin 5,0 – 8,0 €/m.

Säätösaloitus vähentää sulfidien hapettumista ja kalkkisuodinoitus neutraloi syntyvää happamuutta. Näiden keinojen käyttö rajoittuu kuitenkin luultavasti sellaisille alueille, joilla on tarve tehdä uusi salaoitus. Bärlund ym. (2005) ja Tuhkanen (2007) osoittivat, että tämä ratkaisu vaikuttaa selvästi kauemmin kuin kalkkisuodinoitus yksinään. Menetelmien yhteiskäytöllä voidaan aikaansaada

synergia-etuja korkeammalla pH-arvolla, vähemmällä huuhtoutumisella ja pitemmällä käyttöiällä. Muiden tutkimuksen mukaan (Åström ym, 2006) tämä ei kuitenkaan aina pidä paikkansa, vaan tuloksena voi myös olla erityisen alhainen pH-arvo ja korkea sulfaattipitoisuus. Tutkimuksessa eri menetelmien väliset erot eivät olleet suuret, ja yhdistelmämenetelmän huonot tulokset voivat olla peräisin muualta kuin itse menetelmästä, esimerkiksi siitä, ettei säätösalaajitusta ole käytetty tarkoituksenmukaisella tavalla.

### 8.3.2. Toimenpidelinjauksia

Kalkkisuodinojitusta tulisi lisätä maille, missä suurin osa kuivatuksen vaikutuspiirissä olevista sulfideista on jo hapettunut ja hapetustuotteet ovat huuhtoutuneet suureksi osaksi pois. Koska eri maalajien pH-puskurikyky vaihtelee, pitää suunnitteluvaiheessa selvittää maalajin kalkitustarve. Poltetun kalkin käytöllä saadaan aikaan hyvä maan mururakenne. Kalkkisuodinojien ja säätösalaajituksen yhteiskäytön mahdollisuuksia ja tehoa pitäisi selvittää edelleen.



Kuva 16. Kalkkisuodinojituksen periaatekuva (Weppling 1997).

Taulukko 2. Kalkkisuodinojitettu pinta-ala Suomessa ympäristötukisopimusten perusteella vuonna 2000.

	Kalkkisuodinojitus	
TE-keskus	ha	kpl
Uusimaa	42	1
Varsinais-Suomi	285	22
Satakunta	255	19
Häme		
Pirkanmaa	80	8
Kaakkois-Suomi	22	4
Etelä-Savo	13	1
Pohjois-Savo		
Pohjois-Karjala		
Keski-Suomi		
Etelä-Pohjanmaa	7	2
Pohjanmaa	299	29
Pohjois-Pohjanmaa	15	3
Kainuu		
Lappi		
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1018</b>	<b>89</b>

Menetelmää voitaisiin maatalouden lisäksi soveltaa ehkä myös metsätaloudessa, vaikka kuivatusojat ovat avo-ojia. Kalkkisuodinojitus voisi toimia osana metsätalouden vesiensuojelua. Kuivatus- ja valumavedet voitaisiin ohjata tavanomaisten vesiensuojelurakenteiden jälkeen kalkkisuodinojan kautta purkuvesistöön. Kalkkisuodinoituksen soveltuvuutta metsätalouteen tulisikin selvittää lisää.

## 8.4. Juoksutusjärjestelyt ja pumppaamojen käyttö

### 8.4.1. Nykytila

Kuivatusvesien laimentaminen mm. vesistöjen säännöstelyä apuna käyttäen ja happamien vesien samanaikaisen vesistöön johtamisen ehkäisy porrastamalla pumppaamoiden käyttöä ovat mahdollisia vesiensuojelukeinoja säännöstellyissä ja pumpulla kuivatuissa kohteissa (Teppo ym. 2006) (kuva 15). Pengerrettyjen alueiden pinta-ala muodostaa vain vähäisen osan happamien sulfaattimaiden pinta-alasta. Kuivatustila on kuitenkin ennen pengerrystä ollut yleensä varsin heikko, joten happamuutta on huuhtoutunut vain vähän. Näiltä alueilta pumpattava vesi on siten varsin hapanta ja tehokas pumppaus voi aiheuttaa merkittäviä paikallisia happamuusongelmia.

Veden virtauksien säännöstelyllä voidaan säännöstellyissä vesistöissä poikkeustapauksissa vähentää happamuuden

haittoja. Säännöstelyn avulla voidaan esimerkiksi laimentaa happamuuspiikkejä tai johtaa hapanta vettä sellaisille alueille, mistä siitä aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa. Tällaisia menettelyjä on selvitetty ainakin Kyrönjoella.

### 8.4.2. Toimenpidelinjauksia

Juoksutusjärjestelyistä ja pumppaamojen käytöstä happamuuden torjunnassa tulisi laatia paikallinen toimintasuunnitelma kaikissa niissä vesistöissä, joissa nämä toimenpiteet ovat käyttökelpoisia. Tällaisia vesistöjä voisivat olla esimerkiksi Ähtävänjoen vesistöalue ja Luodon-Öjanjärvi ja Kyrönjoki

Pumppaamojen käytön hyödyntäminen sulfaattimaiden vesiensuojelussa on suositeltavaa. Pumppauksen rajojen muutos edellyttää kuivatusyhtiön hyväksyntää. Kuivatuspumppujen käynnistymis- ja pysähtymisrajoja säätämällä voidaan vaikuttaa pohjavesipintaan peltoalueilla ja siten myös happamuuskuormitukseen. Käytännössä tämä tapahtuu siten, että kasvukauden aikana pidetään vesipintaa mahdollisimman ylhäällä. Erityisesti kuivina kesinä säädön käyttö voi myös lisätä satoa. Muokkaus- ja kylvökautena sekä sadonkorjuuajana on vesipinta kuitenkin pidettävä niin alhaalla, että pellot kantavat kalustoa. Menetelmä toimii tehokkaimmin, jos ojastossa, joka kokoaa vedet pumppaamolle, on vähäinen kaltevuus (yleensä näin onkin pengerretyillä alueilla) ja käytössä on vähintään kaksi eritehoista pumppua. Pienemmällä pumpulla hoidetaan kasvukauden aikainen säätö, kun vesimäärät ovat vähäisiä.



Kuva 17. Söderfjärdenin 2300 hehtaarin kuivatusalueen vanha pumppuasema vuodelta 1926 ja uusi pumppuasema vuodelta 1964.



## 9. Ehdotukset sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen hallintaan

### 9.1. Lainsäädäntö

#### Ehdotus

Selvitetään mahdollisuudet lisätä vesi-, ympäristönsuojelu- sekä maa- ja metsätaloutta koskevaan lainsäädäntöön maininta sulfaattimaiden aiheuttamasta maaperän happamuudesta seikkana, joka tulee ottaa huomioon hankkeiden suunnittelussa. Lainsäädännön muutoksella tai nykyistä lainsäädäntöä täydentävällä ohjeistuksella tulee varmistaa, että vesistöjen pilaamiskielto otetaan riittävässä laajuudessa huomioon sulfaattimaiden ojitusten lupaharkinnassa. Lisäksi tulee harkita laajojen sulfaattimaiden kuivatustilaan vaikuttavien hankkeiden ilmoitusvelvollisuutta ympäristöviranomaisille. Vesienhuolto- ja vesienhallintalain toteuttamista tulee helpottaa niin, että tarvittavat toimenpiteet voidaan toteuttaa myös passiivisen maanomistajan maalle.

Vastuu jatkovalmistelusta on maa- ja metsätalousministeriöllä, ympäristöministeriöllä sekä oikeusministeriöllä.

#### Perustelut

Vesi- ja ympäristönsuojelulainsäädännössä sekä maa- ja metsätaloutta koskevassa lainsäädännössä ei erikseen mainita happamia sulfaattimaita seikkana, joka tulisi ottaa huomioon hankkeiden suunnittelussa. Happamien sulfaattimaiden mainitseminen lisää tämän ympäristöongelman tiedostamista ja huomioon ottamista. Lisäksi tätä kautta edistetään myös happamien sulfaattimaiden kartoitusta.

Nykyisen lainsäädännön mukaan ojitus voidaan toteuttaa hanketta vastustavan ns. passiivisen omistajan mailla, mutta vesienhuolto- ja vesienhallintalain muuttamista niin, että toisen maalle voitaisiin tehdä vesienhuolto- ja vesienhallintalain mukaisia happamuuden vähentämiseksi (esim. kosteikkoja) samanlaisella menettelyllä kuin ojituksen yhteydessä voidaan määrätä esim. pengerrysten ja pumppaamojen osalta. Ne voisivat tulla tällöin käsiteltäväksi toimitusmenettelyssä.

Ojitusten osalta tulee varmistaa, että sulfaattimaiden ojitukset eivät tarpeettomasti kuormita vesistöjä. Asia voidaan varmistaa joko hallinnollisilla ohjeilla tai tarkistamalla vesilain säädöksiä. Ilmoitusmenettely ympäristöviranomaisille on yksi mahdollisuus tämän asian toteuttamiseksi. Nykyisin kaikissa tapauksissa ei oteta luvan tarpeen harkinnassa riittävästi huomioon useiden ojitusten yhteisvaikutusta, joka säännösten mukaan saattaisi edellyttää kuormituksen vähentämistoimia.

### 9.2. Valtakunnalliset ja alueelliset ohjelmat

#### Ehdotus

Happamat sulfaattimaat ja niiden vaikutukset tulee mainita erikseen kaikissa sellaisissa valtakunnallisissa ja alueellisissa ohjelmissa, joilla pyritään vaikuttamaan vesien tilaan tai maan kuivatustilaan. Tällaisia ohjelmia ovat mm. valtakunnallinen vesienhuolto- ja vesienhallintasuunnitelma, alueelliset vesienhuolto- ja vesienhallintasuunnitelmat, valtakunnalliset ja alueelliset metsäohjelmat, maaseudun kehittämissuunnitelmat sekä valtakunnalliset kuivatusohjelmat. Lisäksi happamat sulfaattimaat tulee huomioida kaikessa maankäytön suunnittelussa, jota tehdään happamilla sulfaattimailla. Happamista sulfaattimaista tulee tämän raportin pohjalta laatia valtakunnallinen maaperän happamuutta koskeva strategia.

Vastuu ehdotuksen huomioonottamisesta on ohjelmien laatijoilla. Vastuu happamien sulfaattimaiden huomioonottamisesta kaavoituksessa on maakuntien liitoilla ja kunnilla. Valtakunnallisen maaperän happamuutta koskevan strategian valmisteluvastuu on maa- ja metsätalousministeriöllä ja ympäristöministeriöllä.

#### Perustelut

Kaavoituksella sekä valtakunnallisilla ja alueellisilla ohjelmissa ohjataan happamien sulfaattimaiden maankäyttöä ja vesienhuolto- ja vesienhallintasuunnitelmaa. Nykyisissä valtakunnallisissa ohjelmissa ei happamia sulfaattimaita yleensä ole käsitelty erikseen ja alueellisissakin ohjelmissa niitä on huomioitu melko heikosti. Happamien sulfaattimaiden järjestelmällinen huomioonottaminen kaikessa maankäytön suunnittelussa ja valtakunnallisissa ja alueellisissa ohjelmissa lisää oleellisesti tietoisuutta happamista sulfaattimaista ja niiden merkityksestä sekä ohjaa maankäyttöä niin, että happamien sulfaattimaiden aiheuttamiin ongelmiin ja niiden ennaltaehkäisyyn voidaan puuttua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

## 9.3. Tukijärjestelmät

### Ehdotus

Happamat sulfaattimaat ja niillä tehtävät erityiset vesien-suojelutoimenpiteet tulee sisällyttää nykyistä kattavammin ja monipuolisemmin sekä maatalouden, metsätalouden että kuivatuksen tukijärjestelmiin. Happamilla sulfaattimailla tuettavia maataloudellisia vesiensuojelutoimenpiteitä tulee monipuolistaa ja selvittää mahdollisuus käyttää tähän tarkoitukseen Neuvoston maaseudun kehittämisasetuksen artiklan 38 mukaista vpd-tukea. Peruskuivatuksen tukemisen ehtona happamilla sulfaattimailla voisi olla hyväksytty happamuuden hallintasuunnitelma.

Maatalouden ja metsätalouden tukien vesiensuojelutoimenpiteet tulee ensisijaisesti suunnata todetuille ongelma-alueille. Koska näitä alueita ei vielä ole järjestelmällisesti kartoitettu, on harkittava voitaisiinko tukijärjestelmästä toistaiseksi korvata myös tukea hakevan kohteessa sulfaattimaiden määrittämisestä aiheutuvat kustannukset. Kattavan kartoitustiedon puuttuessa tulee myös harkita mahdollisuutta nykyisen tiedon hyödyntämisestä siten, että rajauksena käytettäisiin esimerkiksi esim. sellaisia kokonaisia jokien valuma-alueita, joilla vesistöjen happamuus on vaikea ongelma ja peltoviljely tai metsätalous merkittävä maankäyttömuoto. Maatalouden kosteikkotukien alueellista rajausta tulee muuttaa siten, että myös Merenkurkkuun ja Perämerelle laskevat happamuudesta kärsivät valuma-alueet saadaan tuen piiriin.

Uuden kestävän metsätalouden rahoituslain arvioidaan tulevan voimaan vuonna 2009 ja mahdollistavan vaativissa kohteissa normaalia korkeamman suunnittelutuen ja useiden vesiensuojelutoimenpiteiden toteutuksen kokonaan valtion varoista. Lain toimeenpanossa on tarpeen harkita, että voidaanko happamilla sulfaattimailla tehtävä suunnittelu ja toteutus laskea tavanomaista vaativammaksi toiminnaksi.

Tilusjärjestelytoimintaa ja tarvittaessa siihen liittyviä tukemissäädöksiä tulee kehittää siten, että järjestelyiden yhteydessä tehtävissä kuivatustoissa otettaisiin huomioon ympäristön ja vesiensuojelun näkökohdat yhdenmukaisesti muun maa- ja metsätalouskuivatustoiminnan kanssa etenkin happamien sulfaattimaiden alueilla.

Vastuu tukijärjestelmien kehittämisestä on ensisijaisesti maa- ja metsätalousministeriöllä.

### Perustelut

Maankuivatukseen ja tilusjärjestelyihin liittyvien tukien ehtoihin ei ole sisällytetty happamia sulfaattimaita ja niil-

lä mahdollisesti tarvittavia erityisiä vesiensuojelutoimia. Maankuivatuksen tukiehtoja tulee täydentää ja edellyttää ongelma-alueilta happamuuden hallintasuunnitelmat. Uuden kestävän metsätalouden rahoituslain toimeenpanossa tulee varmistaa, että happamilla sulfaattimailla tehtävät vesiensuojelun suunnittelu ja toteutus voidaan laskea tavanomaista vaativammaksi toiminnaksi, jota voidaan tukea korkeammalla tukitasolla.

Maatalouden investointituki ei tällä hetkellä (2008) sisällä happamille sulfaattimaille erityisesti soveltuvia toimenpiteitä ja ympäristötuen puolella tuetaan säätösalaoituksen ja kastelun ylläpitoa maan ominaisuuksista riippumatta. Happamilla sulfaattimailla tulee tukea pahimpien alueiden poistamista viljelystä, pienempää kuivatussyvyyttä vaatien kasvien viljelyä sekä kosteikkojen, säätösalaoituksen, säätökastelun ja muiden vastaavien toimenpiteiden perustamista ja ylläpitoa. Toimenpiteiden tukemisessa tulee selvittää myös ns. vpd-tuen mahdollisuudet.

Happamien sulfaattimaiden toimenpiteet pitäisi suunnata erityisesti vaikeimmille ns. hot spot -alueille, mutta näitä alueita ei ole vielä järjestelmällisesti kartoitettu. Jotta kattavan kartoituksen puute ei estä vesiensuojelutoimia, tulee tukijärjestelmien kautta korvata suunnittelukohteiden happamuuden toteaminen esimerkiksi maaperäkairauksen ja pH-mittausten avulla. Lisäksi tulee harkita mahdollisuutta suunnata toimenpiteitä niiden vesistöjen valuma-alueilla, missä happamien sulfaattimaiden kuivatus aiheuttaa merkittäviä haittoja.

## 9.4. Ohjeet ja suositukset

### Ehdotus

Kuivatusta, uusjakoa, maataloutta, metsätaloutta, ja turvetuotantoa koskevia ohjeita ja suosituksia tulee täydentää siten, että ne sisältävät konkreettiset ohjeet happamien sulfaattimaiden toteamisesta ja happamuushaittojen torjumiseksi tarvittavista toimenpiteistä. Tulee selkeyttää myös vesilaissa olevan pilaamiskiellon soveltamisohjeita happamilla sulfaattimailla tehtävissä ojitushankkeissa.

Vastuu ohjeiden ja oppaiden päivittämisestä on erityisesti maa- ja metsätalousministeriöllä ja ympäristöministeriöllä.

### Perustelut

Ohjeet ja oppaat ohjaavat selkeästi maankäyttöä ja eri sektoreiden vesiensuojelutoimia. Nykyisissä ohjeissa ja oppaissa mainitaan happamat sulfaattimaat yleensä vain satunnaisesti. Sulfaattimaiden määrittämisen ja vesiensuojelutoimien järjestelmällinen esittely parantaa vesien-

suojelun tasoa ja tietoisuutta maaperän happamuudesta. Ohjeissa ja suosituksissa tulee käsitellä erikseen suurta ja pientä happamuushaittaa aiheuttavat kohteet.

## 9.5. Tiedotus ja neuvonta

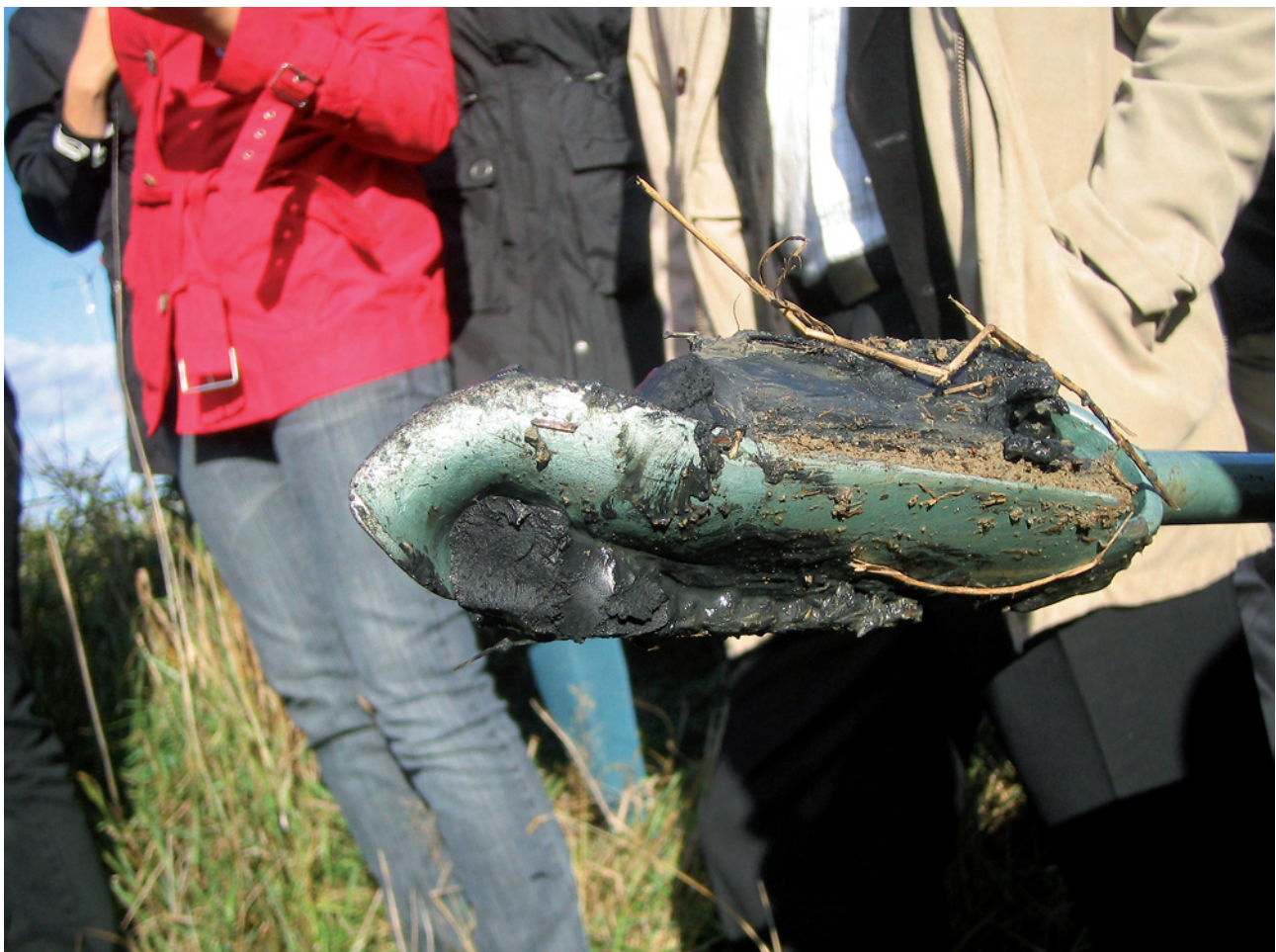
### Ehdotus

Happamiin sulfaattimaihin liittyvää tiedotusta ja neuvontaa tulee lisätä kaikilla sektoreilla. Lisätietoa tarvitsevat erityisesti maa- ja metsätalouden harjoittajat, maan kuivatustilaan vaikuttavien hankkeiden suunnittelijat ja toteuttajat, viranomaiset, koulut ja suuri yleisö. Tarvitaan sekä tiedotusmateriaalia, koulutustilaisuuksia että tilakohtaista neuvontaa. Jatkossa tulee eriyttää omiksi kokonaisuuksiksi se neuvontamateriaali, joka koskee pohjamaan sulfidien hapettumisesta johtuvaa happamuuskuormitusta ja sen torjuntaa ja materiaali, joka käsittelee tavanomaista pinta-maan happamoitumista ja sen torjuntaa, koska nämä ongelmat vaativat toisistaan poikkeavia toimenpiteitä. Tulee perustaa tiedonvälitysverkosto, joka varmistaa hyvän tiedonvälityksen ongelmallisten happamuustilanteiden yhteydessä. Myös maaseudun kehittämisohjelmia ja maaseutuverkostoa tulee hyödyntää tiedotus- ja neuvontatyössä.

### Perustelut

Nykyisin happamiin sulfaattimaihin liittyvä tiedotus ja neuvonta on hajanaista. Maanviljelijöiden ja metsänomistajien tilakohtaisessa neuvonnassa käsitellään sulfidien hapettumisesta johtuvaa maaperän happamuutta vain satunnaisesti. Happaman sulfaattimaan tunnistaminen ja alueella tarvittavat vesiensuojelutoimet eivät myöskään kuulu järjestelmällisesti suunnittelijoiden koulutukseen. Kaavoittajat, kuivatuksen suunnittelijat, metsätalouden toimenpiteiden suunnittelijat, tiesuunnittelijat, uusjaon suunnittelijat, kaivinkoneiden kuljettajat tai muutkaan sulfaattimaa-alueiden toimijat eivät välttämättä tunnista happamia sulfaattimaita eivätkä tunne kuormituksen minimoimiseksi tarvittavia toimenpiteitä.

Sulfaattimaista aiheutuvaa happamuutta koskeva tiedotusmateriaali on hajanaista. Suurta ja pientä happamuuskuormitusta aiheuttaviin kohteisiin esitetään samanlaisia toimenpiteitä. Tieto happaman maaperän aiheuttamista vesistöongelmista ei välittömästi välity sulfaattimaa-alueiden toimijoille. Kun tiedonvälitystä parannetaan, voidaan happamuusongelmia pienentää mm. sääätösalaoituksen optimaalisella säädöllä ja säännösteltyjen vesistöjen juok-sutusjärjestelyillä.





## 9.6. Happamien sulfaattimaiden kartoitukset

### Ehdotus

Happamien sulfaattimaiden esiintymisalueet ja näiden maiden aiheuttamat vesistöjen kuormitusriskit tulee kartoittaa yhtenäisin menetelmin vuoteen 2015 mennessä. Mielellään jo vuonna 2009 tulee sopia Suomessa käytettävät yhtenäiset kartoitusmenetelmät ja luokittelukriteerit. Liitteenä 6 on ehdotus happamien sulfaattimaiden luokittelukriteeriksi. Aikaisemmin tehdyt sulfaattimaiden kartoitustiedot tulee koota paikkatiedoksi ja valtakunnallisen kartoituksen lopputuloksena tulee olla kaikkien käytössä oleva ilmainen paikkatietokanta happamista sulfaattimaista. Sulfaattimaiden hankekohtainen selvittäminen tulee sisällyttää tuettavien toimenpiteiden piiriin niin kauan, että valtakunnallinen kartoitus on valmistunut. Kartoitukseen tulee varata riittävä rahoitus.

Vastuu happamien sulfaattimaiden valtakunnallisesta kartoituksesta on ensisijaisesti Geologian tutkimuskeskuksella. Mahdolliselle sulfaattimaa-alueelle hankkeita suunnittelevat tahot ovat vastuussa sulfaattimaiden sijainnin selvittämisestä hankealueella. Kartoitustyö on tarkoituksenmukaista priorisoida niin, että varmistetaan ongelmallisimpien alueiden nopea kartoitus.

### Perustelut

Happamat sulfaattimaat tulisi vuoteen 2015 mennessä kartoittaa ja luokitella yhtenäisillä menetelmillä. Happamien sulfaattimaiden kartoituksen tulisi antaa riittävät pohjatiedot riskialueiden sijainnista maankäytön suunnittelua, kuivatuksen suunnittelua ja vesiensuojelun suunnittelua varten. Kartoitustiedot loisivat pohjan myös maatalouden ja metsätalouden tukien suuntaamiselle pahimmille happamuusalueille.

Aikaisemmat sulfaattimaiden kartoitukset ja riskinarvioinnit on tehty vaihtelevilla menetelmillä ja kriteereillä. Mahdollisimman pikaisesti tulisi Suomeen sopia yhtenäiset kartoitusmenetelmät ja luokittelukriteerit. Näin erilaisten hankkeiden yhteydessä tehtäviä kartoituksia voitaisiin hyödyntää valtakunnallisessa kartoituksessa. Lisäksi kartoitusmenetelmien tulisi olla sellaisia, että ne soveltuvat happamien sulfaattimaiden toteamiseen esimerkiksi yksittäisen peltolohkon tai metsäpalstan kohdalta. Tällaisia kartoituksia tarvitaan siihen asti kunnes valtakunnallinen kattava kartoitus valmistuu.

Hanke- ja tilakohtaisten kartoitustietojen luovuttamisesta valtakunnallista kartoitustyötä varten tulisi sopia. Valtakunnallisen kartoituksen ja riskinarvioinnin tiedot tulisi

koota paikkatietoaineistoksi, joka olisi ilmaiseksi kaikkien käytettävissä.

Valtakunnalliseen kartoitustyöhön tulisi varata riittävät resurssit. Kartoitustyöt tulisi aloittaa tunnetuista ongelmakohteista eli esimerkiksi niiltä vesistöalueilta, joilla on todettu maaperän happamuudesta johtuvia kalakuolemia. Kartoitusten suuntaamisessa tulisi hyödyntää aikaisemmin tehtyjä kartoituksia ja näiden vanhojen kartoitusten tiedot tulisi pikaisesti koota paikkatietoaineistoksi.

## 9.7. Haittoihin liittyvät selvitykset

### Ehdotus

Sulfaattimaista peräisin olevan happamuuden haitat kalataloudelle, metsätaloudelle, turvetuotannolle ja vesihuollolle tulee selvittää nykyistä tarkemmin. Happamuus tulee huomioida riittävässä määrin myös ympäristön tilan seurannassa. Sulfaattimaiden aiheuttamien taloudellisten ja sosiaalisten vaikutusten selvittämiseen tulee panostaa ja kehittää päätöksenteon tukijärjestelmiä. Lisäksi tulee käynnistää aiheeseen liittyvä osallistavan suunnittelun prosesseja.

Vastuu sulfaattimaiden vaikutusten selvittämisestä on ensisijaisesti yliopistoilla ja tutkimuslaitoksilla, kuten Suomen ympäristökeskuksella (SYKE), Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksella (RKTL), Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksella (MTT) ja Metsäntutkimuslaitoksella (Metla).

### Perustelut

Happamien sulfaattimaiden kuivatuksen aiheuttamat haitat maataloustuotannolle ja pintavesien tilalle ovat tiedossa melko hyvin. Sulfaattimaiden vaikutuksista metsän kasvuun, turvetuotantoon ja turvetuotantoalueiden jälkikäyttöön sekä vedenhankintaan on vain hajanaisia tietoja. Myös tietämyksessä happamuuden vaikutuksesta kalatalouteen on selviä puutteita.

Ympäristön tilan seurannassa maaperän happamuus ja metallikuormitus huomioidaan nykyisin lähinnä veden fyysikaalis-kemiallisen seurannan kautta. Seurannassa tulee riittävässä määrin huomioida kalataloudelliset vaikutukset sekä metallikuormitus.

Tiedot sulfaattimaista johtuvan happamuuden ja sen torjunnan taloudellisista ja sosiaalisista vaikutuksista ovat hyvin vähäisiä, mikä vaikeuttaa näillä alueilla tapahtuvien happamuuden hallintaa koskevien ratkaisujen tekemistä.

Asiasta tarvitaan pikaisesti lisätietoa mm. maatalouden tukijärjestelmän muuttamisen perusteiksi. Happamien sulfaattimaiden ongelmat ovat niin laajoja, että resurssit eivät lähitulevaisuudessa riitä kaikkiin tarvittaviin toimiin. Tämän vuoksi tarvitaan päätöksenteon tukijärjestelmiä ja osallistavaa suunnittelua, joiden tuloksena olisi yleisesti hyväksytty näkemys vesiensuojelussa priorisoitavista kohteista.

## 9.8. Maankäyttö ja kuivatustarve

### Ehdotus

Happamat sulfaattimaat tulee ottaa huomioon kaikessa maankäytön suunnittelussa. Maankäytön suunnittelun tulee perustua riittävään tietoon happamista sulfaattimaista ja niiden aiheuttamasta riskistä. Tämä edellyttää sekä valtakunnallista kartoitusta että hankekohtaisia selvityksiä.

Uusien toimintojen sijoittumista tulee ohjata niin, että vältetään suuren kuivatustarpeen kohdistumista maaperän happamuuden kannalta ongelmallisimmille alueille. Jos ja kun tällaiset kohteet ovat lupakäsittelyssä, tulee määritellä riittävät kuormituksen estämis- ja vähentämistoimenpiteet. Sulfaattimailta jokisuistojen pohjasedimenttiin kertyneet sulfidit ja metallit tulee ottaa huomioon, kun arvioidaan näiden alueiden ruoppaustarpeita. Ruoppaussuunnitelman on pohjauduttava ruopattavan aineksen kemialliseen analyysiin.

Jos sulfidikerrokset ovat lähellä maanpintaa, on erityisesti varottava kuivatussyvyyden suurentamista esimerkiksi pidättäytymällä metsätaloudessa kuivatusojien tekemisestä. Tällaisilla alueilla on peltoviljelyssä harkittava vähemmän kuivatussyvyyttä vaativien kasvien viljelyä tai äärimmäisessä tapauksessa jopa joidenkin alueiden kuivatuksen ja viljelyn lopettamista. Tällaiset järjestelyt edellyttävät lisää tutkimustuloksia sanottujen toimenpiteiden vaikutusten todentamiseksi ja tukijärjestelmien muuttamisen vaikutuksista. Myös metsätaloudessa tulee välttää toimenpiteitä, jotka lisäävät maan kuivatussyvyyttä alueilla, joissa sulfidikerrokset ovat lähellä maanpintaa. Muussakin maankäytössä lähellä pintaa olevat sulfidikerrokset edellyttävät erityistä varovaisuutta.

Kun sulfidikerrokset ovat syvemmissä maakerroksissa, tulee viljelymaan kuivatuksen tehostamiseen käyttää säättösalaojitusta mahdollisesti yhdistettynä kalkkisuodinojitukseseen. Salaojitetuilla alueilla tulee lisätä säättömahdollisuuksia ja säättösalaojituksen optimaaliseen hoitoon tulee kiinnittää erityistä huomiota. Metsätaloudessa kuivatuksen haittoja voidaan tällaisilla alueilla vähentää tarvittaessa pohjapatoratkaisujen avulla.

Happamista sulfaattimaista johtuvat erityisvaatimukset on tiedostettava sekä toimenpiteiden suunnittelussa että toteutuksessa. Happamien sulfaattimaiden ja happamien sedimenttien ruoppauksessa on noudatettava erityistä varovaisuutta. Turvetuotannossa tulee sulfidipitoinen maa ottaa huomioon myös suunniteltaessa tuotantoalueiden jälkihoitoa ja -käyttöä.

### Perustelut

Happamuuden hallinta edellyttää happamien sulfaattimaiden sijainnin ja huuhtoutumisriskien tuntemista. Nykyisellään tiedolla voidaan kuitenkin suositella erilaisia toimintavaihtoehtoja happamuuden hallitsemiseksi. Lisäksi kartoitustiedon puute korostaa hankekohtaisen maankäytön suunnittelun merkitystä. Happamilla sulfaattimailta tulee suhtautua kriittisesti kuivatussyvyyden merkittävään lisäämiseen ja hankekohtaisesti selvittää happamuusriskit, jos aikaisempia kartoitustietoja ei ole käytettävissä.

Happamimmat ja suurinta happamuuskuormitusta aiheuttavat alueet sijaitsevat todennäköisesti rannikkoalueen pelloilla ja muuten viljavissa kohteissa, esimerkiksi pengerryalueilla. Vesiensuojelun kannalta tällaisten alueiden viljelyä tulisi rajoittaa. Koska viljelyn rajoittamisella olisi merkittäviä taloudellisia ja sosiaalisia vaikutuksia, on syytä löytää muita ratkaisuja. Siirtyminen vähemmän kuivatussyvyyttä vaativien kasvien, kuten nurmikasvit ja bioenergiakasvit, viljelyyn saattaa olla yksi tällainen ratkaisuvaihtoehto. Näiden vaihtoehtojen vaikutuksia tulee selvittää sekä luonnontieteelliseltä että sosio-ekonomiselta kannalta. Kuivatusvaran pienentämisen vaikutuksista tulee saada aikaan kenttäkokeita. Valmisteilla oleva Life-hakemus (Catermass -hanke, Liite 5) sisältää osahankkeen, jossa on tarkoitus selvittää maaperän happamuuden hallintaa kahdella koekenttäalueella (Ylistaro ja Söderfjärden). Kenttäkokeet tulee toteuttaa pikaisesti siinäkin tapauksessa, että life-hanketta ei saa rahoitusta.

Alueilla, missä sulfidikerrokset eivät ole kovin lähellä maanpintaa, tulee tavanomaisesti salaojitettuja alueita muuttaa säättösalaojituksiksi tai kalkkisuodinojituksiksi, jos kuivatuksen tehostamiseen on tarvetta. Jos vanha salaojitus toimii riittävän hyvin, tulee harkita säättösalaojituksen mahdollistavien säättökaivojen rakentamista.

Metsätaloudessa tulee pidättäytyä kokonaan kuivatuksen tai kuivatussyvyyden lisäämisestä happamien sulfaattimaiden vaikeimmilla alueilla. Kun sulfidikerrokset ovat syvemmissä kerroksissa, voidaan happamuushaittoja vähentää esimerkiksi pohjapatojärjestelyjen avulla.

## 9.9. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen torjunta

### Ehdotus

Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen torjuntamenetelmistä, kuten kalkkisuodinojista, kalkkirouhepadoista ja -pohjista sekä anaerobisista kalkituspadoista, tarvitaan lisää tietoa. Myös uusia haittojen torjuntamenetelmiä tulee kehittää hyödyntäen ulkomailta saatavia kokemuksia.

Vesistöjen kalkituksen tarpeesta ja mahdollisuuksista tulee tehdä ongelma-alueilla valuma-aluekohtaiset suunnitelmat, joissa arvioidaan toimenpiteen kustannustehokkuus ja ympäristövaikutukset. Juoksutusjärjestelyistä ja pumpaamojen käytöstä tulee laatia paikallinen toimintaohjelma kaikissa niissä vesistöissä, joissa nämä toimenpiteet ovat

mahdollisesti käyttökelpoisia. Tällaisia vesistöjä ovat esimerkiksi Ähtävänjoen ja Luodon-Öjanjärven muodostama vesistökokonaisuus ja Kyrönjoki.

### Perustelut

Happamien sulfaattimaiden aiheuttama laaja-alainen ympäristövahinko on melko harvoin toistuva tilanne, joka usein aiheutuu pitkäaikaisesta kuivuudesta. Hyvin suunnitelluilla ja kohdennetuilla kalkitustoimilla ja juoksutusjärjestelyillä voi tällöin olla huomattava merkitys. Koska happamuuden aiheuttama ympäristövahinko etenee nopeasti, on syytä laatia ja päivittää toimintasuunnitelmia siitä, miten vesistökalkituksia ja juoksutusjärjestelyjä voidaan hyödyntää ongelmatilanteissa. Vesistökalkituksissa tulisi pyrkiä helppohoitisiin ja vähäistä kunnossapitoa vaativiin ratkaisuihin.





## 10. Ehdotusten vaikutukset

### 10.1. Yleistä

Tässä raportissa käsiteltyjen käytännön toimenpiteiden vaikutuksista on saatavilla tietoja melko hajanaisesti. Tämän vuoksi vaikutukset on arvioitu sanallisella asteikolla. Useimpien toimenpiteiden vaikutuksia on vain vähän tai ei lainkaan käytännön mittakaavaisten kokeiden tuloksia, mistä syystä niiden todellisen vaikuttavuuden arviointi on toistaiseksi vaikeaa.

Tarkasteltujen toimenpiteiden tehokkuus happamuuden torjunnassa vaihtelee merkittävästi. Maankäytön muutoksella ja kuivatustavan muutoksella voidaan selkeästi vaikuttaa happamuus- ja metallikuormitukseen, jos muutokset toteutetaan laajalla alueella. Säättösalaoitus on tehokas kuormituksen vähentäjä pääosalla sulfaattimaista, kunhan säätö hoidetaan asianmukaisella tavalla. Samoin pohjapatoratkaisut on arvioitu tehokkaiksi tai jopa hyvin tehokkaiksi menetelmiksi. Vesistöjen kalkituksen tehokkuus vaihtelee merkittävästi tilanteesta riippuen. Anaerobisten kalkkipatojen ja kalkkirouhepatojen käyttökokemukset ovat vähäisiä; anaerobisten patojen tehokkuus on arvioitu kohtalaiseksi, mutta kylmä sää suurten virtaamien aikana heikentää tämän mikrobitoimintaan perustuvan ratkaisun tehoa Suomen ilmastossa. Myös juoksutusjärjestelyjen tehokkuus lienee kohtalainen, vaikka menetelmä soveltuikin vain rakennettuihin vesistöihin. Pellon muokkauskerroksen kalkituksella ei ole oleellista merkitystä happamista sulfaattimaista vesistöön tulevaan happamuus- ja metallikuormaan.

Maankäytön muutoksesta tai kuivatustavan muutoksesta aiheutuvat suorat kustannukset ovat yleensä pieniä, mutta niiden välilliset vaikutukset elinkeinotoiminnalle voivat olla suuria. Vesistöjen kalkitus on jokimittakaavassa yleensä hyvin kallis toimenpide. Myös anaerobiset pohjapadot on arvioitu hyvin kalliiksi, sillä menetelmän vaatimat maa-alat ovat suuria.

Happamien sulfaattimaiden sosio-ekonomisia vaikutuksia ei ole selvitetty ja asiasta tarvittaisiin pikaisesti lisätietoja. Sosio-ekonomiset vaikutukset riippuvat oleellisesti toteuttavien toimenpiteiden laajuudesta ja siitä, kuinka suurta osaa tilan pelloista ne koskevat. Jos maankäytön tai kuivatustavan muutoksesta seuraisi merkittävä viljelyalan pieneneminen tai tilan tuotantos suunnan muutos, niin negatiiviset taloudelliset seurannaisvaikutukset voivat olla huomattavat. Muiden tarkasteltujen menetelmien sosiaaliset vaikutukset ovat todennäköisesti pienempiä. Toisaalta

on otettava huomioon myös sosioekonomiset vaikutukset muualla, erityisesti vesistöjen virkistyskäytössä ja kalataloudessa. Sosio-ekonomisia vaikutuksia on alustavasti tarkasteltu maatalouden kannalta liitteessä 3.

### 10.2. Kustannuksia

Tässä raportissa lainsäädäntöön ehdotetut toimenpiteet aiheuttavat melko vähäisiä kustannuksia. Kustannuksia aiheutuisi lähinnä happamien sulfaattimaiden sijainnin hankekohtaisesta selvittämisestä. pH-määrittelyihin perustuva sulfaattimaiden analysointi maksaa noin 15 euroa/näyte.

Tukijärjestelmän ehdotettavat muutokset edellyttäisivät selkeästi tukirahoituksen lisäystä happamille sulfaattimaille. Erityisesti maatalouden osalta tarvittaisiin lisää tukirahoja, jotta pahimpia alueita saataisiin pois viljelystä ja lisättäisiin pienempää kuivatussyvyyttä vaativien kasvien viljelyä ja säättösalaoitusta. Säättösalaoituksen ylläpidon tuki on nykyisin 54 euroa/ha/vuosi, ja säättökastelun tuki 108 €/ha/vuosi. Peltojen poistaminen viljelystä voitaneen rinnastaa lähinnä nykyiseen suojavyöhyketukeen, joten tuki voisi ehkä olla tasoa 350 - 450 euroa/ha/vuosi.

Tiedotuksen ja neuvonnan lisäämisen kustannuksia ei ole arvioitu kattavasti. Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitosuunnitelmassa (2008) on arvioitu, että sulfaattimaa-alueella olevien tilojen kattava neuvonta vuosina 2010 - 2015 maksaisi noin 800 000 euroa vuodessa. Tällöin annettaisiin vuosittain tilakohtaista neuvontaa 2 600 tilalle vuodessa neuvontaa ja neuvontakerran hinta olisi runsaat 300 euroa/tila.

Sulfaattimaiden kartoituksen menetelmäkehityksen ja kartoituksen kustannuksiksi on Geologian tutkimuskeskus (liite 4) alustavasti arvioinut 9,2 miljoonaa euroa koko Suomessa. Jos kartoitukset pyritään tekemään vuosina 2010 - 2015 tarvitaan vuosittain noin 1,5 miljoonaa euroa. Arvio tarkentuu, kun Geologian tutkimuskeskus tarkentaa kartoitettavien kohteiden määrää ja kartoituksen hintatasoa. Kartoitustyö tapahtuu osin Geologian tutkimuskeskuksen normaalina toimintana toimintamenojen puitteissa.

Sulfaattimaiden vaikutusten selvittämisen kustannuksia on eräiltä osin arvioitu Catermass -hankesuunnitelmassa ja päädytty vuosien 2010 - 2012 osalta 2,6 miljoonaa euron tarpeeseen. Kun lisäksi otetaan huomioon muut tässä raportissa ehdotetut selvitystarpeet, niin tutkimus- ja kehittämisrahoituksen tarve on vähintäänkin suuruusluokkaa 5 miljoonaa euroa.

Maankäytön muutoksen ja kuivatussyvyyden muutoksen kustannuksia ei ole arvioitu. Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitosuunnitelmassa on arvioitu, että kuivatusolojen säätöä tarvittaisiin 117 500 hehtaarin alueella. Kuivatusolojen säätö kohdistuu sekä pelloille että metsämaalle. Jos kuivatusolojen säädön kustannukset arvioitaisiin säätösalaajituksesta maksettavan tukitason mukaisesti, niin vuosittaiset kustannukset olisivat 16 miljoonaa euroa.

Säätösalaajituksen, säätökastelun, vesistöjen pohjapatojen ja muiden vastaavien toimenpiteiden kokonaistarpeesta ei ole tehty arviota. Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitosuunnitelmassa (2008) on arvioitu, että vuoteen 2015 mennessä säätösalaajitusta ja vastaavia toimenpiteitä tulisi vesistöjen tilan parantamiseksi lisätä 78 400 hehtaarin alueella. Tästä aiheutuvat vuosittaiset kustannukset voisivat olla suuruusluokkaa 12 miljoonaa euroa.

Taulukko 3. Arvio sulfaattimaista aiheutuvan happamuuden hallintaan liittyvien toimenpiteiden vaikutuksista.

Toimenpide	Tehokkuus happamuuden torjunnassa	Toteuttamiskustannukset	Sosiaaliset vaikutukset	Suosittelavuus happamuuden torjunnassa
Viljelykasvin muutos tai pellon poistaminen viljelystä	Hyvin tehokas, osin epävarma	Edullinen	Suuri	Suosittelava
Kuivatustavan muutos	Hyvin tehokas	Edullinen	Suuri	Suosittelava
Ojituksen vesiensuojelurakenteet	Tehokas	Melko kallis	Eritt. pieni	Suosittelava
Säätösalaajitus	Melko tehokas,x), osin epävarma	Melko kallis	Pieni	Suosittelava
Säätökastelu ja kuivatusvesien kierrätys	Melko tehokas	Melko kallis	Pieni	Suosittelava
Vesistöjen pohjapadot	Tehokas	Melko edull.	Pieni	Suosittelava
Maaperän kalkitus	Tehoton	Edullinen	Pieni	Ei suositeltava
Vesistöjen kalkitus	Melko tehokas	Hyvin kallis	Pieni	Suosittelava täsmäkohteisiin
Anaerobiset pohjapadot	Melko tehokas	Hyvin kallis	Pieni	Edellyttää lisätietoa
Kalkkirouhepadot ja -pohjat	Epävarma vaikutus	Melko kallis	Pieni	Edellyttää lisätietoa
Kalkkisuodinojat	Melko tehokas, osin epävarma	Kallis	Pieni	Edellyttää lisätietoa
Juoksutusjärjestelyt ja pumppaamojen käyttö	Melko tehokas	Melko edull.	Eritt. pieni	Suosittelava täsmäkohteisiin xx)

x) mailla, joissa sulfidikerrokset ovat melko syvällä

xx) soveltuu vain harvoin kohteisiin

## 11. Yhteenveto

Tässä maa- ja metsätalousministeriön toimeksiannosta laaditussa raportissa tarkastellaan happamien sulfaattimaiden haittojen vähentämiseen liittyviä selvitystarpeita ja haittojen vähentämisen suuntaviivoja. Selvityksen tavoitteena on edistää kestäviä maankäytön ja kuivatuksen ratkaisuja sekä löytää käytäntöjä, joilla happamien sulfaattimaiden aiheuttama happamuus- ja metallikuormitus saadaan mahdollisimman pieneksi.

Euroopan suurimmat sulfaattimaaksiintymät ovat Suomessa, ja viljeltyjen sulfaattimaiden pinta-ala on arvioiden mukaan 50 000 - 336 000 ha. Merkittävimmät esiintymät ovat Lounais- ja Länsi-Suomessa Mynäjoelta Liminganlahdelle asti. Happamat sulfaattimaat ovat syntyneet pääosin Litorina-vaiheen aikana yli 4000 vuotta sitten.

Raportissa on todettu, että happamia sulfaattimaita pidettiin pitkään pelkästään maataloustuotantoa haittaavana ongelmana. Vasta myöhemmin on todettu, että happamat sulfaattimaat vaikuttavat merkittävästi myös kalatalouteen, vesihuoltoon, metsätalouteen, turvetuotantoon sekä pinta- ja pohjavesien tilaan. Happamat sulfaattimaat eivät aiheuta ympäristöriskejä, jos sulfidikerrokset pysyvät vedellä kylästyneinä. Jos sulfidikerrokset joutuvat pohjaveden pinnan yläpuolelle, niin happamoituminen on väistämätöntä.

Happamista sulfaattimaista kuivatuksen seurauksena liikkeelle lähtevä happamuus- ja metallikuormitus heikentää selvästi läntisen rannikon pintavesien ekologista ja kemiallista tilaa sekä estää vesien hyvän tilan saavuttamista. Näkyvin haitta sulfaattimaiden kuivatuksesta ovat ajoittain toistuvat kalakuolemat.

Happamat sulfaattimaiden aiheuttamia haittoja voidaan vähentää useilla eri keinoilla, jotka voidaan jakaa kahteen ryhmään eli a) sulfidien hapettumisen estäminen ja vähentäminen ja b) muodostuneen happamuuden neutralointi ja laimentaminen. Syntyneiden haittojen korjaaminen on kallista ja sulfidikerrosten hapettumisen estäminen on ensisijaisen tärkeää.

Raportissa korostetaan, että happamat sulfaattimaat tulee ottaa huomioon kaikessa maankäytössä, ja maankäytön suunnittelun tulee perustua riittävään tietoon happamista sulfaattimaista ja niiden aiheuttamasta riskistä. Uusien toimintojen sijoittumista tulee ohjata niin, että vältetään kuivatusarpeen merkittävä lisääntyminen ongelmallisimmilla alueilla. Jos sulfidikerrokset ovat lähellä maan pintaa, on varottava kuivatussyvyyden suurentamista. Raportissa todetaan, että tällaisilla alueilla olisi peltoviljelyssä siirryttävä vähemmän kuivatussyvyyttä vaatien kasvien viljelyyn ja tietyissä äärimmäisissä tapauksissa turvauduttava viljelyn

lopettamiseen. Raportissa korostetaan, että ongelmallisten alueiden viljelykäytäntöjen ja kuivatusmenetelmien kehittäminen edellyttävät lisää tutkimustietoa ja myös tukijärjestelmien muutosta. Metsätaloudessa ja muussakin maankäytössä on ongelmallisimmilla alueilla tarpeen välttää toimenpiteitä, jotka lisäävät kuivatussyvyyttä.

Raportissa todetaan, että happamia sulfaattimaita ei ole erikseen huomioitu vesi-, ympäristö-, maatalous- tai metsälainsäädännössä. Myös valtakunnallisissa ja alueellisissa ohjelmissa sekä oppaissa happamat sulfaattimaat ovat jääneet vähälle huomiolle. Peruskuivatuksen, maatalouden ja metsätalouden tukijärjestelmät huomioivat happamilla sulfaattimailla tarvittavia erityistoimenpiteitä vaihtelevasti. Raportissa esitetään täsmennyksiä lainsäädäntöön, ohjeisiin ja oppaisiin. Tukijärjestelmiä esitetään muutettavaksi niin, että ne huomioivat paremmin happamilla sulfaattimailla haittojen vähentämiseksi tarvittavia toimenpiteitä.

Happamien sulfaattimaiden esiintymistä on kartoitettu erilaisten hankkeiden yhteydessä, mutta kerätyt tiedot eivät ole helposti saatavilla. Suomesta puuttuvat myös yhtenäiset kriteerit tällaisten alueiden kartoittamiseen ja luokiteluun, ja nykyisillä resursseilla sulfaattimaiden kartoitus kestää kymmeniä vuosia. Raportissa todetaan, että pikaisesti tarvitaan kattava ja yhtenäinen kartoitus happamien sulfaattimaiden esiintymisestä ja niiden aiheuttamasta vesistökuormitusriskistä. Kattavan kartoitustiedon puute ei kuitenkaan saa estää toimenpiteisiin ryhtymistä jo tunnetuilla sulfaattimaa-alueilla. Happamien sulfaattimaiden sosio-ekonomisia vaikutuksia ei ole juurikaan selvitetty. Raportissa todetaan, että tarvitaan lisää tietoa happamien sulfaattimaiden ja niiden torjuntatoimien aiheuttamista kustannuksista, haitoista ja hyödyistä. Tarvitaan myös päätöksen apuvälineitä ja osallistavaa suunnittelua. Raportissa korostetaan happamiin sulfaattimaihin liittyvän neuvonnan ja koulutuksen merkitystä. Raporttiin on koottu laaja happamia sulfaattimaita koskeva kirjallisuusluettelo.

Raportissa esitetään mm. seuraavia toimenpiteitä:

### Lainsäädäntö, ohjelmat ja tukijärjestelmät:

- Lainsäädännön kehittäminen niin, että se ottaa huomioon happamat sulfaattimaat hankkeiden suunnittelun lähtötietona ja mahdollistaa vesiensuojelutoimenpiteiden toteutuksen myös passiiviosakkaiden mailla
- Happamien sulfaattimaiden ja niiden vaikutusten huomioiminen kaikissa valtakunnallisissa ja alueellisissa ohjelmissa, joilla pyritään vaikuttamaan maan kuivatus-tilaan tai vesien tilaan
- Sulfaattimaiden happamuuden hallitsemiseksi tarvittavien erityistoimenpiteiden tukeminen ja maatalouden,



metsätalouden sekä kuivatuksen tukijärjestelmien kehittäminen

- Kuivatusta, uusjakoa, maataloutta, metsätaloutta ja turvetuotantoa koskevien ohjeiden ja suositusten täydentäminen
- Luontoarvokaupan ja ns. vpd-tuen mahdollisuuksien selvittäminen happamuuden torjunnassa
- Happamiin sulfaattimaihiniin liittyvän tiedotuksen ja neuvonnan lisääminen kaikilla sektoreilla
- Neuvonnan ja neuvontamateriaalin eriyttäminen riippuen sulfidikerrosten sijaintisyvyydestä

### Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja haitat:

- Valtakunnallisten suositusten laatiminen happamien sulfaattimaiden kartoitusmenetelmistä ja luokittelukriteereistä
- Yhteenvedon laatiminen tähän mennessä tehdyistä happamien sulfaattimaiden kartoituksista
- Happamien sulfaattimaiden esiintymisen ja niistä aiheutuvan vesistökuormitusriskien kattava kartoitus vuoteen 2015 mennessä
- Lisätiedon hankkiminen happamien sulfaattimaiden vaikutuksista kalatalouteen, metsätalouteen, turvetuotantoon ja vesihuoltoon
- Lisätiedon hankinta happamien sulfaattimaiden sosio-ekonomisista vaikutuksista ja haittojen sekä toimenpiteiden vaikuttavuuden seuranta

### Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen synnyn ehkäisy:

- Happamien sulfaattimaiden huomiointi kaikessa maankäytön suunnittelussa
- Erityisillä ongelma-alueilla, missä sulfidikerrokset ovat lähellä maan pintaa, kuivatussyvyyden lisäämisen välttäminen ja toimenpiteistä pidättäytyminen sekä esimerkiksi pienempää kuivatussyvyyttä vaativien kasvien viljely
- Säättösaloituksen, pohjapatoratkaisujen ja kuivatuksen säädön lisääminen alueilla, joilla sulfidikerrokset ovat syvemmissä kerroksissa
- Kuivatuksen säädön kehittäminen ja ohjeistaminen
- Ruoppauksen tarveharkinta ja ruoppaussuunnittelun pohjaksi tehtävät kemialliset analyysit

### Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen torjunta:

- Lisätiedon hankinta kalkkisuodinoituksen, kalkkirouhepatojen ja anaerobisten kalkkipatojen sekä muiden uusien menetelmien toimivuudesta kuormituksen vähentämisessä
- Valuma-aluekohtaisten suunnitelmien laatiminen, vesistöjen kalkitusmahdollisuuksien ja toimintaohjelmien laatiminen juoksutusjärjestelmien hyödyntämismahdollisuuksista happamuusongelmien aikana
- Alueellisen tiedotusverkoston perustaminen varmistamaan hyvä tiedonkulku akuuttien happamuusongelmien aikana

Lisäksi raportissa ehdotetaan kansallisen strategian laatimista happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämiseksi.

## 12. Happamia sulfaattimaita koskevaa kirjallisuutta

**Aarnio B. 1922.** Über salzböden (Alunaböden) des humiden Klimas in Finnland. Comptes Rendus de la Conference Extraordinaire Agropedologique á Prague, pp. 186-192.

**Aarnio B. 1937.** Über Gytjaböden. Bodenkunde und Pflanzenernährung 2: 186-192.

**Alasaarela E. 1981.** Ennakoarvio Rintalan pengerryksen ja Seinäjoen suosan oikaisun vaikutuksista Kyrönjoen ja Seinäjoen veden laatuun. Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto. 11 s.

**Alasaarela E. 1981.** Ennakkoselvitys Kyrönjoen yläosan vesistöiden työnaikaisista ja valmistumisen jälkeisen käytön vaikutuksista Kyrönjoen veden laatuun. Pohjois-Suomen vesitutkimustoimisto. 61 s.

**Alasaarela E., Havu J., Heikkinen K. and Weppling K. 1990.** Neutralization of acidified watercourses. In: Kauppi et al. (eds.) Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin. P. 1117-1125. ISBN 3-540-52213-1.

**Backlund K, Boman A, Fröjdö S & Åström M. 2005.** An analytical procedure for determination of sulphur species and isotopes in boreal acid sulphate soils and sediments. Agricultural and Food Science, Vol 14 (2005): 70 – 82.

**Beers W F J van. 1962.** Acid sulphate soils. International Institute for Land Reclamation and Improvement Bulletin 3. 31 s.

**Björklund A. 1985.** Mera om markförsurningen – Moränerna innehåller enorma svavelmängder. Finlands Natur. Natur och miljö. Ss 4 – 7.

**Björkqvist D. & Weppling K. 1987.** Liming as a method to neutralize highly acidic drainage waters from sulphate bays in Western Finland. Proc. Int. Symp. On Acidification and Water Pathways, Bolkesø 4-5 May 1987, p. 365-374.

**Bloomfield C. 1972.** The oxidation of iron sulphides in soils in relation to the formation of acid sulphate soils, and of ochre deposits in field drains. Journal of Soil Science 23: 1-16.

**Boman A. 2008.** Sulphur dynamics in boreal potential and actual acid sulphate soils rich in metastable iron sulphide.

Department of geology and mineralogy, Åbo akademi university. Academic dissertation. Åbo 2008.

**Bronswijk J J B & Groenenberg J E. 1993.** A simulation model for acid sulphate soils. I: basic principles. Selected papers of the Ho Chi minh City symposium on acid sulphate soils. ILRI Publication 53: 341-355.

**Bärlund I, Tattari S., Yli-Halla M & Åström M. 2002.** Effect of intensified surface liming, control drainage and lime filter drainage on groundwater level and drainage water quality on acid sulphate soils at research fields in Ilmajoki and Mustasaari. Internet-julkaisu, toukokuu 2002. <http://www.ymparisto.fi/eng/research/projects/hapsu/hapsufinal.doc>.

**Bärlund I, Tattari S, Yli-Halla M & Åström M. 2004.** Effects of sophisticated drainage techniques on groundwater level and drainage water quality on acid sulphate soils – Final report of the HAPSU project. The Finnish Environment 732. Finnish Environment Institute. 66 s.

**Bärlund I, Tattari S, Yli-Halla M & Åström M. 2005.** Measured and simulated effects of sophisticated drainage techniques on groundwater level and runoff hydrochemistry in areas of boreal acid sulphate soils. Agricultural and Food Science, Vol 14 (2005): 98 – 111.

**Dent D. 1986.** Acid sulphate soils: a baseline for research and development. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI. 196 s.

**Edén P. 1994.** Wide-spaced sampling of overbank sediment, till, humus and river water in Fennoscandia. Applicability for global geochemical mapping and environmental assessment. Väitöskirja. Åbo Akademi. 44 s.

**Edén P, Weppling K & Jokela S. 1999.** Natural and land-use induced load of acidity, metals, humus and suspended matter in Lestijoki, a river in western Finland. Boreal Environmental Research 4:31 – 43.

**Erviö R. 1975.** Kyrönjoen vesistöalueen rikkipitoiset viljelysmaat. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland. Maataloustieteellinen Aikakauskirja vol. 47:550 – 561.

**Erviö R. 1991.** Chemical properties of air-dried samples from an unlimed and limed acid sulphate soil profile and leaching of elements from the profile. Annales Agriculturae Fenniae 30: 321-329.

**Erviö R & Palko J. 1984.** Macronutrient and micronutrient status of cultivated acid sulphate soils at Tupos, Finland. Annales Agriculturae Fenniae 32: 121-133.

**FAO. 1988.** FAO/Unesco Soil Map of the World. Revised legend with corrections. World Soil Resources Report 60. Reprinted as a Technical paper 20, ISRIC, Wageningen, The Netherlands. 140 s.

**FAO. 2006.** World Reference Base for Soil Resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources Reports 103. Rome, Italy. 128 s.

**Fältmarsch R.M., Åström M. & Vuori K.-M. 2008.** Environmental risks of toxic metals mobilised from acid sulphate soils in Finland: a literature review. –Boreal Environment Research 13: 444-456.

**Hartikainen H & Yli-Halla M. 1986.** Oxidation-induced leaching of sulphate and cations from acid sulphate soils. Water, Air and Soil Pollution 27: 1-13.

**Heikkinen, M. 2004.** Luohuanjoen happamoitumiseen liittyvät vesianalysit vuosina 2002 ja 2003. Moniste. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus 26.1.2004.

**Heikkinen K & Alasaarela E. 1988.** Happamoituneiden vesistöjen neutralointi. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 18. Helsingfors. 93 s.

**Honkavaara T. 1951.** Tuloksia huomattavimmasta kalkituskokeestamme. Koetoiminta ja käytäntö 8, 3:1-3.

**Hudd R. 2000.** Springtime Episodic Acidification as a Regulatory Factor of Estuary Spawning Fish Recruitment. Väitöskirja. Helsinki yliopisto. 37 s.

**Hudd R & Leskelä A. 1998.** Acidification-induced species shifts in coastal fisheries off the river Kyrönjoki, Finland: a case study. Ambio 27: 535-538.

**Hutka R, Laitinen T, Holmberg M, Maunula M & Schultz T. 1996.** Happamien sulfaattimaiden ionivirtausmalli HAP-SU. Suomen ympäristö 8, 154 p.

**Huttu U. 2007.** Happamuuden vähentäminen Rintalan pengerrysalueella. Sura sulfatjurdar - Happamat sulfaattimaat. Seminaari Kokkolassa 20.4.2007. [http://www.gtk.fi/ajankohtaista/SS\\_JORD/Tiivistelmat\\_Sammandrag.pdf](http://www.gtk.fi/ajankohtaista/SS_JORD/Tiivistelmat_Sammandrag.pdf)

**Huttu U & Koskeniemi E. 1998.** Rintalan pengerryksen valumavesien happamuuden vähentäminen Kyrönjoella. Alueelliset ympäristöjulkaisut 69. Länsi-Suomen ympäristökeskus. 17 s.

**Iivonen P & Kenttämies K (toim.). 1993.** Vesistöjen koeneutralointi. Vesi- ja ympäristöhallinnon koeneutralointiohjelman raportti vuosilta 1991 – 1992. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja Nro 458. 63 s.

**Iivonen P & Kenttämies K (toim.). 1995.** Happamoituneiden vesistöjen kalkitus Suomessa. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 204. Vesi- ja ympäristöhallitus. 71 s.

**Joensuu S, Makkonen T & Matila A. 2007.** Metsätalouden vesiensuojelu-opas. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 48 s.

**Jord- och skogsbruksministeriet. 2005.** Reglerbar dränering, reglerbar underbevattning, återanvändning av torrlägningsvatten. Jordbrukets miljöspecialstöd år 2000-2006. Broschyr. 8 s.

**Joukainen S. 1998.** Happamien sulfaattimaiden ympäristöongelmat – seminaari 30.9.1998 EU Life – Environment. Suomen ympäristökeskuksen moniste 142. Suomen ympäristökeskus. 44 s.

**Joukainen S & Yli-Halla M. 2003.** Environmental impacts and acid loads from deep sulphidic layers of two well-drained acid sulphate soils in western Finland. Agriculture, Ecosystems and Environment 95 (2003) 297 – 309.

**Kallioliina M & Aaltonen E-K. 2000.** Utredning av belastningen år 1999 och vattenskyddsplan för Kronoby å. Pohjanmaan vesiensuojeluyhdistys ry. 43 s.

**Kettunen J. 1983.** Selvitys Mälsörin kuivatusalueen virtaamista, sulfaattikuormituksesta ja happamien kuivatusvesien neutraloinnista. Salaojakeskus. 30 s.

**Kivinen E. 1938a.** Über die Eigenschaften der Gytjaböden. Bodenkunde und Pflanzenernährung 9/10:122-134.

**Kivinen E. 1938b.** Untersuchungen über die Eigenschaften der Gytjaböden. Agrogeologia julkaisuja 48.

**Kivinen E. 1938c.** Papulanlahden liejualue Viipurissa. Referat: Ein Gytjagebiet der Bucht Papulanlahti in der Stadt Viipuri. Agrogeologia julkaisuja 49. 14 p.

**Kivinen E. 1944.** Aluna- eli sulfaattimaista. Referat: Über Alaun- oder Sulfatböden. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland 16: 147-161.

**Kivinen, E. 1950.** Sulphate soils and their management in Finland. In: Fourth International Congress of Soil Science. Transactions, Vol II: p. 259-262

**Komulainen E-S., Leinonen R. Nikunen E. & Soivio A. 1987.** Happaman veden vaikutuksista ahvneen (Perca fluviatilis L.) Osa 2. Laboratoriotutkimusten tulokset. Helsingin yliopisto. Suomen voimalaitosyhdistys ry. 35 s.

**Kubin, E. 1999.** Maankohoamisrannikon sulfidisavimaiden metsittäminen. Teoksessa: Karlsson, K. (toim.). Metsät Pohjanmaan rannikolla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 723. s. 50–58.

**Kustula V., Witick A. & Meriläinen J. 2005a.** Successive alkalinity producing system for the treatment of acid sulphate soil runoff: preliminary results of a field trial. Agricultural and Food Science Vol. 14 (2005): 112 – 121.

**Kustula V., Witick A. & Meriläinen J. 2005b.** Rintalan alueen happamien valumavesien käsittely – loppuraportti. Ympäristötutkimuskeskuksen tiedonantoja 160. Jyväskylän yliopisto. 43 s.

**Lahermo P., Väänänen P., Tarvainen T., Salminen R. 1996.** Geochemical atlas of Finland, Part 3: Environmental geochemistry – stream waters and sediments. GTK, Esbo. 149 s.

**Lakso E., Lindroos S. & Weppling K. 1989.** Neutralointiohjeet happamien sulfaattimaiden valumavesille. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 34. Vesi- ja ympäristöhallitus. Helsinki. 29 s.

**Laudon H. 2000.** Separating natural acidity from anthropogenic acidification in the spring flood of northern Sweden. Väitöskirja. Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå. 48 s.

**Lax K. 2005.** Stream plant chemistry as indicator of acid sulphate soils in Sweden. Agricultural and Food Science Vol. 14 (2005): 83 – 97.

**Lindroos, A-J., Derome, J., Raitio, H. & Rautio, P. 2007.** Heavy metal concentrations in soil solution, soil, and needles in a Norway spruce stand on an acid sulphate forest soil. Water, Air, and Soil Pollution 180: 155–170.

**Londesborough S (toim.), Holm K, Jaakkonen S, Jokela S, Kallio-Mannila K, Mannio J, Mehtonen J, Nikunen E, Pyy O, Siimes K, Silvo K ja Verta M. 2006.** Haitallisista

aineista aiheutuvan kuormituksen vähentäminen. Taustaselvitys osa II – Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2006. 51 s.

**Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2008.** Ehdotus Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmaksi vuoteen 2015. 231 s  
Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2008. Ehdotus Lestijoen-Pöntiönjoen vesistöalueen vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuoteen 2015.

**Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2008.** Ehdotus Perhonjoen-Kälviänjoen vesistöalueen vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuoteen 2015.

**Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2008.** Ehdotus Luodon-Öjanjärveen laskevien vesistöjen vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuoteen 2015.

**Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2008.** Ehdotus Lapuanjoen vesistöalueen vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuoteen 2015.

**Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2008.** Ehdotus vesistöalueen Kyrönjoen vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuoteen 2015.

**Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2008.** Ehdotus Närpiönjoen vesistöalueen vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuoteen 2015.

**Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2008.** Ehdotus Isojoen – Teuvanjoen vesistöalueen vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuoteen 2015.

**Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2008.** Ehdotus Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueen rannikon ja pienten jokien vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuoteen 2015.

**Maa- ja metsätalousministeriö 2007,** Maa- ja metsätalousministeriön tilusjärjestelystrategia 2008 - 2013, maa- ja metsätalousministeriö, ISBN 978-952-453-356-0

**Maa- ja metsätalousministeriö 2007,** Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2007-2013. Maa- ja metsätalousministeriö. Euroopan maaseudun kehittämisrahasto. CC1 2007 F1 06 RPO 001.

**Maa- ja metsätalousministeriö 2008,** Maatalouden ravinnekuormitus ja sen tehokkaat vähentämistoimenpiteet, Loppuraportti, Työryhmämuistio mmm 2008:9. Helsinki



**Makkonen, T., Joensuu, S., Hämäläinen, T., Leinonen, A., Vuollekoski, M., Hiltunen, T. ja Lintinen, P. 2006.** Kunnostusojituksen ja maanmuokkauksen vesiensuojelun parhaat käytännöt pilottihanke (Vespa). Väliraportti. 5 s.

**Manninen H. 1972.** Maankuivatustoimenpiteiden vaikutus veden laatuun lähinnä Kyrönjoen vesistöalueella. Diplomityö. Vaasan vesipiiri. Vesihallitus. 133 s.

**Merilä, P., Smolander, A. & Strömmer, R. 2002.** Soil nitrogen transformations along a primary succession transect on the land-uplift coast in western Finland. *Soil Biology & Biochemistry* 34:373–385.

**Meriläinen J. 1988.** Happamien vesien ongelma Kyrönjoen suistossa – vaikutus suiston kasvillisuuteen ja eläimistöön. Yhteenvedo. Jyväskylän yliopisto. Ympäristötutkimus-keskus. 24 s.

**Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2006.** Hyvän metsähoidon suositukset. 59 s.

**Metsätalouden ympäristöopas. 2004.** Metsähallitus. Edita Prima Oy.

**MMM, Metla & Tapio 2004.** Metsätalouden vesiensuojelu ”Vesistökuormituksen vähentäminen ja seuranta” - hankkeen loppuraportti, kouluttajan opas 2004. MMM, Metla & Tapio 2004. 85 s.

**Moorman F R. 1963.** Acid sulphate soils of the tropics. *Soil Science* 95: 271-275.

**Myllynen K., Ojutkangas E & Nikinmaa M. 1997.** River water with high iron concentration and low pH causes mortality of lamprey roe and newly hatched larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 36:43-48.

**National strategy for the management of coastal acid sulfate soils. 2000.** Australian government, Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. Internet-osoite: [http://www.mincos.gov.au/\\_\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0003/316065/natass.pdf](http://www.mincos.gov.au/___data/assets/pdf_file/0003/316065/natass.pdf)

**Niemi J. & Raateland A. 2007.** River water quality in the Finnish Eurowaternet. *Boreal environment research* 12:571 – 584.

**Nordmyr L., Boman A., Åström M. & Österholm P. 2006.** Estimation of leakage of chemical elements from boreal acid sulphate soils. *Boreal environment research* 11: 261 – 273.

**Nordmyr L., 2008.** Release, transport and deposition of metals in a coastal acid sulphate soil landscape, Western Finland. Department of geology and mineralogy, Åbo akademi university. Academic dissertation. Åbo 2008.

**Paasonen-Kivekäs M & Yli-Halla M. 2005.** A comparison of nitrogen and carbon reserves in acid sulphate and non acid sulphate soils in western Finland. *Agricultural and Food Science* Vol. 14 (2005): 57 – 69.

**Pajula H. (toim). 2003.** Ojitusoitusopas. Peruskuivatuksen laaturyhmä. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 4/2003. ISBN 952-453-126-7

**Pajula H. ja Järvenpää L. (toim). 2007.** Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu. Työryhmän mietintö. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23 | 2007

**Palko J. 1988.** Happamien sulfaattimaiden kuivatus ja kalkitus Limingan koekentällä 1984 – 1987. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 19. 84 s.

**Palko J. 1994.** Acid sulphate soils and their agricultural and environmental problems in Finland. Väitöskirja. University of Oulu. 58 s.

**Palko J. 1998.** Säkabäckenin perkauksen vaikutukset Perhonjoen veden happamuuteen ja toimenpiteet vaikutusten estämiseksi. *Envitop – Environmental technology and research*. 4 s.

**Palko J. & Alasaarela E. 1988.** Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja niiden vaikutus veden happamuuteen Luodon-Öjanjärven vesistöalueella. Larsmo-Öjasjöns flodområde: Förekomst av sura sulfatjordar och deras inverkan på vattnets surhet. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Rakennuslaboratorio. Oulu. 43 s.

**Palko J., Merilä E & Heino S. 1988.** Maankuivatuksen suunnittelu happamilla sulfaattimailla. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 21. Vesi- ja ympäristöhallitus. 60 s.

**Palko, J. & Ruokanen, I. 1994.** Siika-Pattijoen uusjakoalueen metsäojitus: arvio happamien sulfaattimaiden esiintymisestä alueella ja toimenpide-ehdotus happamuushaittojen ehkäisemiseksi. Oulun vesi- ja ympäristöpiiri & Pohjois-Pohjanmaan metsälautakunta. 12 s.

**Palko J., Räsänen M & Alasaarela E. 1985.** Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja vaikutus veden laatuun Sirppujoen vesistöalueella. National Board of Waters. Report 260. 95 s.

**Palko J., Räsänen M & Alasaarela E. 1987.** Luodon-Öjanjärven valuma-alueen maaperän ja vesistön happamuuskartoitus, Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 11.

**Palko J. & Saari M. 1987.** Lapväärtin-Isojoen vesistöalueella sijaitsevan Storsjön järviuivion happamat sulfaattimaat. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja 11: 3-21.

**Palko J & Weppling K. 1994.** Lime requirement experiments in acid sulphate soils. *Acta. Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.* 44: 149-156.

**Palko J. & Weppling K. 1994.** Modelling the effects of acid sulphate soils on river acidity in Finland. *Nordic Hydrology* 26: 37-54.

**Palko J. & Yli-Halla M. 1988.** Solubility of Co, Ni and Mn in some extractants in a Finnish acid sulphate soil area. *Acta. Agric. Scand.* 38: 153-158.

**Palko J. & Yli-Halla M. 1990.** Solubility of Al, Cr, Cu and Zn in soils from a Finnish acid sulphate soil area. *Acta. Agric. Scand.* 40: 117-122.

**Palko J. & Yli-Halla M. 1993.** Assessment and management of acidity release upon drainage of acid sulphate soils in Finland. In: Dent, D.L. & Mensvoort, M.E.F. van (eds.). *Selected papers of the Ho Chi Minh City symposium on acid sulphate soils. ILRI Publication* 53: 411-418.

**Pelanteri K. 1998.** Säättösalaojitus happamilla sulfaattimailla. s. 31-32 julkaisussa Joukainen, S. (toim). *Happamien sulfaattimaiden ympäristöongelmat. Seminaari* 30.9.1998. Suomen ympäristökeskuksen moniste 142.

**Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus ja Kainuun ympäristökeskus 2008.** Ehdotus Oulunjoen-Iijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmaksi vuoteen 2015. Multiprint Oulu 2008.

**Pousette K. 2007.** Råd och rekommendationer för hantering av sulfidjordsmassor. Luleå tekniska universitet, Institutionen för samhällsbyggnad, Avdelningen för geoteknologi. 36 s.

**Purokoski P. 1958.** Die schwefelhaltigen Tonsedimente in dem Flachlandgebiet von Liminka im Lichte chemischer Forschung. *Agrogeologia* julkaisuja 70. 88 s.

**Purokoski P. 1959a.** Kalkituksen vaikutuksesta rannikkoseudun rikkipitoisissa maissa. Referat: Über Kalkungswirkung in schwefelhaltigen Böden an der Meeresküste Finnlands. *Agrogeologia* julkaisuja 72. 21 p.

**Purokoski P. 1959b.** Rannikkoseudun rikkipitoisista maista. Referat: Über die schwefelhaltigen Böden an der Küste Finnlands. *Agrogeologia* julkaisuja 74. 27 p.

**Puustinen M., Merilä E., Palko J. & Seuna P. 1994.** Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. National Board of Waters and Environment. Summary: Drainage level, cultivation practices and factors affecting load on waterways in Finnish farmland. Research Report A 198. 319 p.

**Rantala A (toim). 1991.** Vesistöjen kalkitus happamien sulfaattimaiden vaikutusalueella. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A 78. Vesi- ja ympäristöhallitus. Helsingfors. 85 s.

**Rautio L.M. (toim.) ja Ilvessalo H. (toim.) 1998.** Ympäristön tila Länsi-Suomessa. Länsi-Suomen ympäristökeskus, Pohjanmaan liitto ja Etelä-Pohjanmaan liitto. ISBN 951-53-1549-2 Jyväskylä 296 s.

**Rekilä K. 1988.** Sundominlahden happamuushaitan vähentäminen. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja Nro 116. Vesi- ja ympäristöhallitus. 93 s.

**Rojas Ruiz J. & Bonde A. 2004.** Markförurningen vid Närpes ås vattendragsområde och dess inverkan på vattenkvaliteten – Närpiönjoen vesistöalueen maaperän happamuus ja sen vaikutus vedenlaatuun. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen moniste 110/2004. Länsi-Suomen ympäristökeskus. 108 s.

**Roos M. 2006.** Hydrochemical characteristics of boreal and tropical surface and ground waters affected by acid sulphate soils. *Högskolan i Kalmar*.

**Roos M. & Åström M. 2005.** Hydrochemistry of rivers in an acid sulphate soil hotspot area in western Finland. *Agricultural and Food Science* vol. 14 (2005) 24 – 33.

**Roos M. & Åström M. 2005.** Seasonal and spacial variations in major and trace elements in a regulated boreal river (Esse river) affected by acid sulphate soils. *River Research and Applications* 21: 351 – 361.

**Roos M. & Åström M. 2006.** Gulf of Bothnia receives high concentrations of potentially toxic metals from acid sulphate soils. *Boreal Environment Research* 11: 383 – 388.

**Roos M. and Åström M., Nguyen M, H., Huynh T, C. and M.E.F. van Mensvoort.** Hydrochemical comparison of boreal and tropical severe acid sulphate soil areas. *Manuscript*.

**Ruotsalainen, M. 2007.** Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 50 s.

**Räisänen M-L. & Nikkarinen M. 1999.** Peltomaiden ravinnetila, happamoituminen ja aineiden huuhtoutuminen pohjaveteen Niittyjärven ympäristössä. Geologian tutkimuskeskus. Väli-Suomen aluetuomisto. Raportti. 26 s.

**Salaojituksen tavoiteohjelma 2020. 2002.** Salaojakeskus ry. 34 s.

**Seppänen J. 1975.** Selvitys Luodonjärveen laskevien jokien sulfaattipitoisuuksista ja –virtaamista. Kokkolan vesipiirin vesituomisto. Vesihallitus. 9 s.

**Sarkkinen N. 2008.** Happamat sulfaattimaat ja niiden merkitys soiden uusiokäytölle siikajoen valuma-alueella. Pro Gradu-tutkielma. Oulun yliopisto, maantieteen laitos.

**Sevola P. 1975.** Uudenkaupungin makeavesialtaan ekologinen tutkimus: hydrologia, pohjaeläimet, kalat. Lounais-Suomen vesien suojeluyhdistys ry. Julkaisu 25, 86 s. Turku

**Sevola P. 1979.** Pohjanmaan ongelmasavet–muinaismenren pohjaliejut. Suomen luonto no 8/1979. s.102-106

**Sevola P., Hudd R. ja Hilden M. 1982.** Luontaiset mahdollisuudet tutkia happamuuden vaikutuksia vesiin Suomessa tulisi käyttää hyväksi. Luonnon Tutkijat 1/1982. s. 62-64.

**Sevola P. ja Peura P. 1992.** Acidification mosaic of small lakes – a study on 81 lakes in the Kvarnen, Gulf of Bothnia. Reprint from Aqua Fennica 22, 2s. 153-171.

**Sillanpää, M. 1978.** Kalkituksen pitkäaikainen vaikutus maaprofiiliin kemiallisiin ominaisuuksiin. Maatalouden tutkimuskeskus. Maantutkimuslaitos. Tiedote 1: 10 p.

**Sohlenius G., Persson L, Lax K, Andersson L & Daniels J. 2004.** Förekomsten av sulfidhaltiga postglaciala sediment. *SGU-rapport* 2004:9.

**Soil Survey Staff, 1999.** Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd Ed. Agriculture Handbook 436. U.S. Government Printing Office, Washington, DC. 869 pp.

**Sullivan, L. 2004.** Preface Sustainable management of acid sulphate soil. Australian Journal of Soil Research 42:i.

**Sundström R. 2005.** Läckage av syra och metall från dikad jordbruksmark – En naturvetenskaplig och juridisk granskning. Institutionen för geologi och mineralogi. Väitöskirja. Åbo Akademi. 28 s.

**Sundström R. & Åström M. 2005.** En miljörättslig granskning av dikning förorsakat syra- och metalläckage från finländsk jordbruksmark. *Tidskrift utgiven av juridiska föreningen i Finland* 2: 216-229.

**Sundström R. & Åström M. 2006.** Characterization of the metal leakage from Finnish agricultural acid sulphate soils in the light of the European Water Framework Directive. *Boreal Environment Research* 11: 275– 281.

**Sundström R, Åström M & Österholm P. 2002.** Comparison of the metal content in acid sulphate soil runoff and industrial effluents in Finland. *Environmental Science and Technology* 36: 4269-4272.

**Suomen maaseudun kehittämisstrategia 2007 – 2013. 2006.** Maa- ja metsätalousministeriö.

**Suomen salaojakeskus Oy. 1998.** Kalkkisuodinojituksen liittyviä hankkeita, Happamien sulfaattimaiden happamuushaittojen vähentäminen kalkkisuodinojituksella – Loppuraportti 31.3.2000. 27 s.

**Svensson, J.S. & Jeglum, J.K. 2000.** Primary succession and dynamics of Norway spruce coastal forests on land-uplift ground moreine. *Studia Forestalia Suecica* 209. 32 s.

**Talvitie J. (toim.). 1992.** Virtaavien vesien kalkitusasemien automatisointi. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A. Vesi- ja ympäristöhallinto. 32 s.

**Teppo A., Latvala J. & Sivil M. 1999.** Kyrönjoen yläosan vesistöiden vaikutukset veden laatuun sekä kala, rapu- ja nahkiaiskantoihin vuosina 1996-1997. Länsi-Suomen ympäristökeskus. Julkaisuja 108. 80 s.

**Teppo A., Tolonen M., Korsu K., Sivil M., Koivurinta M., Marjomäki T., Koivisto A-M., Latvala J. & Rautio L-M. 2006.** Kyrönjoen yläosan vesistöiden vaikutus ja Kyrönjoen tila vuosina 1975-2003. Suomen ympäristö 18. 174 s.

**Triipponen J-P. 1997.** Sirppujoen valuma-alueen happamuustutkimus. Lounais-Suomen ympäristökeskus. 42 s.

**Triipponen J-P. 1998.** Sirppujoen valuma-alueen happamuustutkimus. s. 25-30 julkaisussa Joukainen, S. (toim). Happamien sulfaattimaiden ympäristöongelmat. Seminaari 30.9.1998. Suomen ympäristökeskuksen moniste 142.

**Tuhkanen J. 2007.** Ilmajoen koekentän kokemuksia ojitustmenetelmien vaikutuksista happamien valumavesien

laatuun. Sura sulfatjurdar - Happamat sulfaattimaat. Seminaari Kokkolassa 20.4.2007.

**Valtakunnallinen pintavesien ekologisen tilan luokittelu. 2008.** [WWW] [Viitattu 15.12.1999]. Saatavissa: <http://herkules oulu.fi/issn14558025/>. ISSN 1455-8025.

**Valtion varoin tuettavan salaojituksen ehdot - Pelto-  
viljelyn ravinnepestöjen vähentäminen. 2006.** Työryhmämuistio. Maa- ja metsätalousministeriö 2006:15.

**Warfvinge P. 1997.** Miljö kemi – Miljövetenskap i biogeokemiskt perspektiv. Lund. 279 s.

**Weppling K. 1993.** Hydrochemical factors affecting the neutralization demand in acidic sulphate waters. *Vatten* 49(3): 161-170

**Weppling K. 1997.** On the assessment of feasible liming strategies for acid sulphate waters in Finland. Väitöskirja. Tartu. Estonia. 81 s

**Weppling K, Innanen M & Jokela S. 1999.** Life Lestijoki – happamien sulfaattimaiden hoito. Life Lestijoki – managing acid sulphate soils. WWF Finland Report No 11. 63 s.

**Weppling K & Iivonen P. 2005.** Kalkitus. Ss. 271-286. Ur: Ulvi T & Lakso E (red). Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114. Finlands miljöcentral. 336 s.

**Weppling K, Järvinen M & Rask M. 1992.** The lake Iso Valkjärvi project – Ecological studies of liming on an artificially divided acidified lake in southern Finland. *Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich* 67:62-75. Wien.

**Vesihallitus, Vaasan vesipiiri. 1973.** Selvitys Kyrönjoen ja sen edustan merialueen kalakuolemien syistä.

**Willman K. 2006.** Metsätalous alunamailla – esiselvityshankkeen loppuraportti. Metsäkeskus Pohjois-Pohjanmaa. 15 s.

**Woodhead A.C, Cornish P.S & Slavich P.G. 2000.** Multi-stakeholder benchmarking: clarifying attitudes and behaviour from complexity and ambiguity. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40: 595 – 607.

**Yli-Halla M. 1997.** Classification of acid sulphate soils of Finland according to Soil Taxonomy and the FAO/Unesco

legend. *Agricultural and Food Science in Finland* Vol. 6 (1997): 247 – 258.

**Yli-Halla M. 1983.** Happamien sulfaattimaiden ominaisuuksista, analytiikasta, käytöstä ja ympäristövaikutuksista. Vesihallituksen monistesarja 1983: 191. Vesihallitus. 55 s.

**Yli-Halla M. 2003.** Pitääkö kaikkein happamimmat sulfaattimaat poistaa viljelystä? *Suo* 54(4):143-148. Suoseura – Finnish Peatland Society. Helsingfors. 6 s.

**Yli-Halla M. & Hartikainen H. 1984.** Rikin, raudan, alumiinumin ja mangaanin huuhtoutuminen kolmen happaman sulfaattiprofiilin kerrosnäytteistä. Vesihallituksen monistesarja 1984:235. Vesihallitus. 34 s.

**Yli-Halla M. & Palko J. 1987.** Mineral element content of oats (*Avena sativa* L.) in an acid sulphate soil area of Tupos village, northern Finland. *Journal of Agricultural science in Finland* Vol. 59: 73-78.

**Yli-Halla M, Puustinen M & Koskiahho J. 1999.** Area of cultivated acid sulfate soils in Finland. *Soil Use and Management* 15: 62-67.

**Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. 1991.** Pintavesien neutraloinnin suuntaviivat Suomessa. Työryhmän mietintö 60/1991. Ympäristöministeriö. 92 s.

**Åström M. 1996.** Geochemistry, chemical reactivity and extent of leaching of sulphide-bearing fine-grained sediments in southern Ostrobothnia, western Finland. Institutionen för geologi och mineralogi. Väitöskirja. Åbo Akademi. 44 s.

**Åström M. 1998.** Partitioning of metals in reduced and oxidised layers of sulphide-bearing sediments in western Finland. *Appl. Geochem.* 13(5): 607-617.

**Åström M., Aaltonen E-K & Koivusaari J. 2001.** Impact of ditching in a small forested catchment on concentrations of suspended material, organic carbon, hydrogen ions and metals in stream water. *Aquatic geochemistry* 57: 57 – 73.

**Åström M. & Björklund A. 1995.** Impact of acid sulphate soils on stream water geochemistry in western Finland. *Journal of Geochemical Exploration* 55: 163-170.



**Åström M. & Björklund A. 1996.** Hydrogeochemistry of a stream draining sulphide-bearing postglacial sediments in Finland. *Water, Air and Soil Pollution* 89:233-246.

**Åström M. & Björklund A. 1997.** Geochemistry and acidity of sulphide-bearing postglacial sediments of western Finland. *Environmental Geochemistry and Health* 19: 155-164.

**Åström M. & Rönnback K. 2005.** Concentration levels and spatial distribution of sulphur and metals in fine-grained sediments in western Finland. *Agricultural and Food Science* Vol. 14 (2005):14 – 23.

**Åström M. & Spiro B. 2005.** Sources of acidity and metals in a stream draining acid sulphate soil, till and peat, western Finland, revealed by a hydrochemical and sulphur isotope study. *Agricultural and Food Science* Vol. 14 (2005): 34 – 43.

**Åström M. Sundström R, Holmberg M & Storberg K-E. 2005.** pH of streams in western Finland—a perspective from the Middle Ages into the mid 21st century. *Agricultural and Food Science* Vol. 14(2005):5-13.

**Åström M & Åström J. 1997.** Geochemistry of stream water in a catchment in Finland affected by sulphidic fine sediments. *Appl. Geochem.* 13: 593-605.

**Åström M., Österholm P., Bärlund I. & Tattari S. 2006.** Hydrochemical effects of surface liming, controlled drainage and lime-filter drainage on Boreal acid sulphate soils. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol 179, nro 1 – 4, ss. 107-116 (10)

**Österholm P. 2005.** Previous, current and future leaching of sulphur and metals from acid sulphate soils in w. Finland. Institutionen för geologi och mineralogi. Väitöskirja. Åbo Akademi. 35 s.

**Österholm P. & Åström M. 2002.** Spatial trends and losses of major and trace elements in agricultural acid sulphate soils distributed in the artificially drained Rintala area, W. Finland. Åbo Akademi. *Applied Geochemistry* 17 (2002) ss. 1209-1218.

**Österholm P. & Åström M. 2004.** Quantification of current and future leaching of sulphur and metals from Boreal acid sulphate soils, western Finland. *Australian Journal of Soil Research* 42: 547-551.

**Österholm P & Åström M.** Meteorological impacts on the water quality in the Pajuluoma acid sulphate soil area. W. Finland. Submitted.

**Österholm P., Åström M. & Sundström R. 2005.** Assessment of aquatic pollution, remedial measures and juridical obligations of an acid sulphate soil area in western Finland. *Agricultural and Food Science* Vol. 14 (2005): 44 – 56.

## Julkaisemattomia raportteja:

**Heikkinen M-L. & Hynninen P. 2007.** Olkijoen happamointumiseen liittyvä kuormitusselvitys. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 6 s.

**Kelhä S. & Hynninen P. 2004.** Happamat sulfaattimaat Luohuanjoen valuma-alueen pelloilla. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 14 s.

**Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri. 1998.** Toimenpiteet happamuuden torjuntaan Perhonjoen alaosalla. Julkaisen maton raportti. 27 s.

**Lipkin T. 1984.** Kyrönjoen kalkituskoe keväällä 1984. Vaasan vesipiirin vesitoimisto. 4 s.

**Länsi-Suomen ympäristökeskus. 2005.** Kyrönjoen yläosan vesistötyö. Happamuuden huuhtoutuminen Rintalan pengerrysalueelta ja sen torjumismahdollisuudet. Ramboll 30.11.2005. 49 s.

**Palko J., Räsänen M. & E. Alasaarela 1985.** Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja vaikutus veden laatuun Sirppujoen vesistöalueella. Vesihallitus. Tiedotus 260. 95 s.

**Palko J. 1988.** Arvio Särssjöbäckenin kuivatuksen vaikutuksesta Kruunupyynjoen happamuuteen. Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri.

**Palko J. 1996.** Hanke: Orismalanjoen perkaus; Arvio perkauksen aiheuttamasta happamuusvaikutuksista ja toimenpiteet happamuusvaikutusten estämiseksi. Envitop – Environmental Technology and Research. 3 s.

**Palko J & Saari M. 1987.** Lapväärtin – Isonjoen vesistöalueella sijaitsevan Lillsjön järvikuivion happamat sulfaattimaat. 15 s.

**Palko J & Kujala K. 1989.** Maalahdenjoen perkauksen vaikutus valumavesien happamuuteen. Suomen Geotutkimus – SGT Oy. 14 s.

**Seppälä T. 1995.** Särsjöbäckenin happamat ojitusvedet: veden laadun seurantatutkimus vuosina 1989 – 1994. Keski-Pohjanmaan ympäristökeskus. 21 s.

**Skogscentralen Kusten. 2008.** Direktiv för vattenskydd vid skogsdikning. 3 s.

**Suomen Geotutkimus SGT Oy. 1989.** De försurande effekterna som upprepningarna av Harrström å och Bjurbäcken har på avrinningsvattnet. Undersökningsrapport. 12 s.

**Triipponen J-P. 1997.** Laitilan kalkkisuodinkoekentän tarkkailutulosten yhteenvetoraportti kolmen vuoden ajalta. Julkaisematon raportti. Lounais-Suomen ympäristökeskus. 2 s.

**Vaasan vesi- ja ympäristöpiiri & Oulun yliopisto. 1987.** Tutkimussuunnitelma – Arvio Kärjenjoen happamien sulfaattimaiden vaikutuksesta Lapväärtinjoen veden laatuun.

**Österholm P, Sundström R, Nyberg M & Nystrand M. 2006.** Happamien sulfaattimaiden vaikutukset Sirpu-, Laa-, Mynä- ja Paimionjoessa 2004 – 2005. Tutkimusraportti. Åbo Akademi. 20 s.

## Australialaisia julkaisuja ja niiden internet-osoitteita:

[http://naturalresources.nsw.gov.au/soils/as\\_publications.shtml](http://naturalresources.nsw.gov.au/soils/as_publications.shtml)

**Atkinson G. 2000,** 'Acid sulfate soils assessment and management in NSW', in *Papers of the Xth World Water Congress held in Melbourne, March 2000*, Dept of Land & Water Conservation, Kempsey, NSW. (PDF file, 131 Kb).

**Atkinson G, Naylor S D, Flewin T C, Chapman G A, Murphy C L, Tulau M J, Milford H B and Morand D T 1996.** 'DLWC acid sulfate soil risk mapping', in R.J. Smith & Associates and ASSMAC (eds), *Proceedings 2nd National Conference of Acid Sulfate Soils*, pp. 57. (PDF file, 133 Kb).

**Naylor S D, Chapman G A, Atkinson G, Murphy C L, Tulau M J, Flewin T C, Milford H B, Morand D T 1998.** *Guidelines for the use of acid sulfate soil risk maps*, Dept

of Land & Water Conservation, Sydney, NSW. (PDF file, 947Kb) Text-only Rich Text Format (RTF 130 Kb).

**Henderson S 1 & Tulau M. 2 2001.** 'Active water management trials for the remediation of acid sulfate soils back swamps, Kinchela Creek, New South Wales, Australia', in *Papers of the 2 nd Australian Wetland Conference held at Couran Cove Island Resort, South Stradbroke Island, Qld*, 15–17 October, 2001 (1: NSW Agriculture, Kempsey, NSW; 2: Dept of Land & Water Conservation, Kempsey, NSW). (PDF file, 346 Kb).

**Tulau M 1 & Henderson S. 2 2001.** 'Remediation of drained acid sulfate soil back swamps in New South Wales, Australia ¾ technical and policy responses', in *Papers of the 2 nd Australian Wetland Conference held at Couran Cove Island Resort, South Stradbroke Island, Qld*, 15–17 October, 2001 (1: Dept of Land & Water Conservation, Kempsey, NSW; 2: NSW Agriculture, Kempsey, NSW). (PDF file, 97 Kb).

**Tulau M. 1999.** 'Management of acid sulphate soils in NSW ¾ policy, organisation and regulation', *The Australasian Journal of Natural Resources Law and Policy* 6:1. (PDF file, 215 Kb).

**Tulau M J. 2001.** *Agricultural drainage in acid sulfate soil back swamps in New South Wales, Australia—technical, regulatory and policy responses*, Dept of Natural Resources, Kempsey, NSW. (PDF file, 271 Kb).

## Liite 1. Happamien sulfaattimaiden luokituksessa käytettyjä tunnuksia ja raja-arvoja

A) Sulfaattimaiden luokitus ympäristöongelmien vakavuuden perusteella Sirppujoen valuma-alueen kartoituksessa (Palko ym. 1985):

- Luokka I: pH < 4,4 ja sulfaattirikkipitoisuus >500 mg/kg
- Luokka II: pH <5 ja sulfaattirikkipitoisuus >100 mg/kg
- Luokka III: pH <5,0 ja sulfaattirikkipitoisuus <100 mg/kg.

B) Edellä olevan lisäksi on Suomessa käytetty mm. seuraavia kriteereitä happamien sulfaattimaiden määrittämiseen:

1) Maan pH:ta on käytetty happamien sulfaattimaiden tunnistukseen mm. seuraavasti:

- Käytössä olleita raja-arvoja: 3.0, 3.5, 4.0 ja 5.0
- pH:n lasku vähintään 0.5 yksikköä, kun maata inkuboidaan hapellisissa oloissa
- Maan pH 40 – 60 cm:n syvyydessä tai maaprofiilin minimi-pH, kun maata on tutkittu esimerkiksi 1,5 metrin syvyyteen
- Maan pH sen jälkeen, kun sitä on hapetettu vetyperoksidilla

2) Rikkipitoisuudella on ollut mm. seuraavia raja-arvoja: kokonaisrikkipitoisuus > 0.5 %

- hapetetun näytteen sulfaattirikkipitoisuus vähintään 100 mg/kg tai 500 mg/kg

3) Lisäksi sulfaattimaiden nimeämiskriteerinä on joskus käytetty happamuus- ja rikkipitoisuuskriteerit täyttävän kerroksen paksuutta ja tämän kerroksen etäisyyttä maan pinnasta:

- kemialliset kriteerit täyttävän kerroksen paksuus yli 15 cm
- tällaisen kerroksen oltava lähempänä kuin 1.0 m tai 1.5 m maan pinnasta

C) Amerikkalaisperäisessä Soil Taxonomy-järjestelmässä (Soil Survey Staff 1999) happamassa sulfaattimaassa pitää olla vähintään 15 cm:n paksuinen kerros, jonka pH < 4,0 ja sulfaattirikin pitoisuus vähintään 500 mg/kg. FAO:n luokitusjärjestelmässä (FAO 1990) ja EU:n nykyisin käytämässä World Reference Base (WRB) -järjestelmässä (FAO 2004) minimi pH on < 3,5. Soil Taxonomy-luokittelussa kriteerit täyttävän kerroksen pitää olla lähempänä kuin 150 cm maan pinnasta, FAO:n (1990) järjestelmässä lähempänä kuin 125 cm maan pinnasta, ja WRB-järjestelmässä lähempänä kuin 100 cm maan pinnasta.

## Liite 2. Lista kansallisista tutkimuksista, jotka käsittelevät happamien sulfaattimaiden esiintymisistä

- Papulanlahden liejualue Viipurissa: Kivinen (1938c)
- Valtakunnallinen kartoitus: Purokoski (1959b)

Edelleen hyvin usein referoitu inventointi. Sen yhteydessä Litorinameren ylimmän rannan ja nykyisen merenrannan välissä olevilta viljelymailta kerättiin 1 259 maanäytettä, jotka otettiin paikallisen tiedon perusteella ”epäilyttäviltä” alueilta. Näytteet jaettiin luokkiin 40 – 60 cm:n syvyydessä olevan happamaan ammoniumasetaattiliuokseen (viljavuustutkimuksen uuttoliuokseen) uuttuvan rikkipitoisuuden perusteella. Tulokset on julkaistu vain hyvin yleisluontoisena valtakunnallisena karttana siten, että sulfaattimaiden pinta-ala on ilmoitettu seitsemällä osa-alueella (Pohjois-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa, Vaasan rannikkoseutu, Suupohjan alue, Satakunnan rannikko, Saaristomeren rannikko ja Länsi-Uusimaa sekä Itä-Uusimaa ja Kymenlaakso).

- Valtakunnallinen KUTI-tutkimus: Puustinen ym. (1994)  
Suomen peltojen kuivatustilaa käsitelleen hankkeen yhteydessä tehtiin otantaan perustuva koko Suomen kattava inventointi, jossa tutkittiin 1065 peltolohkoa. Kukin tutkittu lohko edusti noin 2100 ha:n pelloalaa. Tutkimuskuvion maaprofiili tutkittiin kahdessa pisteessä kahden metrin syvyyteen läpivirtauskairaa käyttäen. Maan pH ja redox -potentiaali mitattiin 10 cm:n välein. Tutkimuksessa käytettyjen kriteerien (40-60 cm:n syvyydessä olevan tuoreen maan pH<5,0 ja tyypillinen redox-gradientti) mukaan noin 150 tutkitun lohkon katsottiin edustavan happamia sulfaattimaita. Tällä perusteella saatiin nykyisin usein esitetty arvio viljeltyjen sulfaattimaiden kokonaispinta-alasta maassamme: 150 kpl x n. 2100 ha = 336 000 ha. KUTI-tutkimus ei ottanut kantaa sulfaattimaa-ominaisuuden voimakkuuteen. Yli-Halla ym. (1999) tekivät samasta aineistosta toisen tulkin, jonka mukaan kansainväliset kriteerit täyttäviä happamia sulfaattimaita on maassamme 48 000 - 130 000 ha. – Lohkokohtainen alkuperäisaineisto, joka sisältää kaikki mittaukselliset, on sähköisessä muodossa SYKEssä Markku Puustisen ja Jari Koskiahon hallussa. Toteuttamistansa takia KUTI-tutkimus ei sovellu sulfaattimaiden toimenpiteiden kohdentamisen suunnitteluun kuin korkeintaan maakuntatasolla.
- Kyrönjoen valuma-alue: Erviö (1975)  
Kyrönjoen valuma-alueen happamat sulfaattimaat inventoitiin, kun joen suulla oli 1970-luvun alussa

tapahtunut suuria kalakuolemia. Maatalouden tutkimuskeskuksen tekemässä kartoituksessa otettiin maanäytteitä 220 pelloilta (0-20 cm, 50-70 cm ja 150-300 cm syvyys). Tulokset on julkaistu yleisluontoisena karttana, ja ne on ilmoitettu myös sulfaattimaiden pinta-aloina peruskarttalehdittäin. Sulfaattimaiden kokonaisalaksi todettiin Kyrönjoen valuma-alueella 26 390 ha. – Peruskarttalehdet, joille näytteenottopisteet on merkitty ja sulfaattimaa-alueet rajattu, ovat tallella MTT:ssä Jokioisilla (”Kalakuolemakartat”) Harri Liljan ja Martti Esalan hallussa.

Sittemmin Kyrönjoen valuma-alueella on toteutettu osavaluma-alueita koskevia yksityiskohtaisempia kartoituksia ainakin seuraavasti:

Orismalanjoki (Palko 1996) Rintalan pengerrysalue (Österholm ja Åström 2002)

- Sirppujoen valuma-alue: Palko ym. (1985); tätä tarkentava kartoitus: Triipponen (1997, 1998)
  - Uudenkaupungin makeavesialtaaseen laskevan Sirppujoen valuma-alueen happamat sulfaattimaat kartoitettiin vuonna 1984 tekemällä kairauksia yhteensä 340 pisteessä: kairaus 100 cm:n syvyyteen, pH-määritys 50 cm ja 90 cm syvyyksiltä. Analysoitavaksi (pH ja sulfaattirikki) otettiin maanäytteet 40 – 60 cm:n syvyydestä maanäytettä. Tieto näiden kairauspisteiden sijainnista on raportin mukaan Turun yliopiston maaperägeologian osastolla. Lisäksi tutkittiin tarkemmin 20 maaprofiilia 150 - 200 cm:n syvyyteen. Sulfaattimaat on tässä kartoituksessa jaettu kolmeen luokkaan niiden aiheuttaman happamoitumisriskin perusteella. Ne on rajattu raportin liitteenä olevassa 1:50 000 -mittakaavaisessa kartassa. Triipponen tarkensi tätä kartoitusta vuonna 1994, jolloin tehtiin kairauksia 100 pisteestä ja työtä täydennettiin valumavesiseurannalla. Tulokset on esitetty LSY:n raportissa (Triipponen 1997).
- Luodon-Öjanjärveen laskevien vesistöjen (Kovjoki, Kruunupyynjoki, Purmonjoki, Ähtävänjoki) valuma-alueet: Palko ym. (1988) ja Palko ja Alasaarela (1988); tarkemmin Särsjöbäcken: Palko (1988)
- Lapväärtinjoen-Isojoen valuma-alue, Storsjön ja Lillsjön järvi-kuivialue: Palko ja Saari (1987)
- Liminganjoen valuma-alue: Erviö ja Palko (1984)
- Närpiönjoen valuma-alue: Ruiz ja Bonde (2004)



- Perhonjoen valuma-alue: Keski-Pohjanmaan vesi- ja ympäristöpiiri (kartta löytyy Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta)
- Lestijoen valuma-alue: Eden ym. (1999) ja Weppling ym. (1999); tarkempi kartoitus Kinarehenojalla: Weppling ym. (1999)
- Luohuanjoen valuma-alue (Kelhä ja Hynninen, PPO, 2004) Happamat sulfaattimaat Luohuanjoen vesistöalueen pelloilla.
- Harrströminjoki: Harrströmin ja Bjurbäckenin kartoitus (Palko ja Kujala 1989)
- Maalahdenjoki: Maalahdenjoen kartoitus (Palko ja Kujala 1989)

Yksittäisiä happamia sulfaattimaaprofiilien tuloksia on julkaistu ainakin seuraavasti:

- Limingan maaprofiileja: Purokoski (1958)
- Mälsör, Storsjö, Härkmeri (yksittäisiä maaprofiileja): Yli-Halla ja Hartikainen (1983), Hartikainen ja Yli-Halla (1986)
- Kyrönjoen alueen maaprofiileja HAPSU-mallin kehittämisen pohjaksi: Hutka ym. (1996)
- Liminka, Ylistaro ja Laitilan Valkojärvi: Yli-Halla (1997)
- Ilmajoen ja Mustasaaren koulutilojen maaprofiilit: Erviö (1991) ja Joukainen ja Yli-Halla (2003)
- Lapuan maaprofiili: Paasonen-Kivekäs ja Yli-Halla (2005)

Oleellista toimenpiteiden kohdentamiseksi on myös se, että tiedetään kohdealueiden merkitys happamuus- ja metallikuormituksen tuottajana. Tästä syystä seuraavassa esitetään tulokset niistä hankkeista, joissa on arvioitu eri valuma-alueiden merkitystä happamuus- ja metallikuormituksessa.

- Vaasan seudun eräät valuma-alueet (Manninen 1972)  
Tässä työssä tarkasteltiin sulfaattipitoisuutta ja pH:ta Litorina-alueen ojavesissä (Tuovilanjoen pengerrys-alue, Mäenpäänloukonoja, Herttoolanoja, Ylistaro, Koivulahti) marras-joulukuussa 1971 otettujen vesinäytteiden perusteella. Edeltävä kesä oli ollut kuiva, joten edellytykset sulfidien hapettumiselle olivat ole-massa. Avouomanäytteitä oli 70 ja salaojavesinäyt-teitä 113. Erityisen korkeita rikkipitoisuuksia oli Tuo-vilanjoen pengerrysalueen ojavesissä (Mahdollisesti tällä alueella on Mustasaaren koulutilan kenttä, jolla on tehty säätösalaajituksen kenttäkoe; julkaisuja: Jou-kainen ja Yli-Halla (2003), Bärlund ym. (2002, 2005). Mannisen vaikeasti saatavissa olevan työn tuloksia referoinut Yli-Halla (1983).
- Sirppujoen osavaluma-alueet (Palko ym. 1985, Triipponen 1997, 1998)

Triipponen (1997) on tehnyt kiinnostavia laskelmia siitä, miltä osavaluma-alueilta Uudenkaupungin ma-keavesialtaaseen tuleva happamuus ja sulfaatti on peräisin.

- Kyrönjoen yläosan pumppaamot: Österholm ym. (2005), Teppo ym. (2006)
- Lestijoki kokonaisuudessaan ja Kinarehenoja: Eden ym. (1999) ja Weppling ym. (1999)
- Länsirannikon joet
  - 21 entisen Vaasan läänin alueen jokea (Roos ja Åström 2005)
  - 47 lähinnä Pohjanlahteen laskevaa jokea (Roos ja Åström 2006)
- Munsalanjoki: Åström ja Spiro (2005)

# Liite 3. Arvio sulfaattimaiden happamuuden säätelyn sosioekonomista vaikutuksista maatalouden näkökulmasta

Markku Yli-Halla, Helsingin yliopisto 2.1.2009

Maassamme arvioidaan olevan 50 000 - 336 000 ha happamilla sulfaattimailla sijaitsevaa peltoa. Maatalous on elinkeinotoimintaa, joka antaa välittömästi tai välillisesti toimeentulon huomattavalle osalle väestöä. Viljelijällä on perinteisesti ollut ja on edelleen vapaa valta käyttää peltoon lähes mieleisellään tavalla, viljellä hyväksi katsomiaan kasveja ja toteuttaa viljelyn näkökulmasta tarpeelliset kuivatustoimet. Tämä koskee myös metsämaiden kuivatus- ta. Maatalouden harjoittamisen kustannukset nousevat, jos viljelymailla joudutaan tekemään erityisiä toimia sulfaattimaalta tulevan happamuus- ja metallikuorituksen vähentämiseksi tai estämiseksi. Jos maata ei voi viljellä tehokkaimmalla tiedossa olevalla teknologialla, viljelijän tulot alenevat. Näillä seikoilla on epäilemättä huomattavaa vaikutusta maatalouden kannattavuuteen happamilla sulfaattimailla. Tästä syystä näiden maiden käyttöä koskevia säädöksiä ei voi perustaa pelkästään luonnontieteellisille argumenteille. Ohjeiden ja säädösten taloudelliset ja sosiaaliset vaikutukset on tunnettava ja otettava huomioon maankäyttöä koskevia säädöksiä ja toimenpiteitä koskevia tukijärjestelmiä laadittaessa.

Laajimman käytettävissä olevan KUTI -tutkimuksen otanta-aineiston (Puustinen ym. 1993, Yli-Halla ym. 1999) perusteella sulfaattimaiksi eri kriteerien mukaan luokiteltujen maiden joukossa on ominaisuuksiltaan varsin erilaisia maita. Valtaosassa viljelyssä olevia sulfaattimaita sulfidikerrokset ovat melko syvällä, sulfidia on alunperinkin ollut vähän ja sulfidin hapettumistuotteet ovat jo ehtineet huuhtoutua pitkään jatkuneen viljelyn aikana. Tällaisilta mailta tuleva vesistökuoritus on todennäköisesti melko vähäistä, ellei kuivatussyvyyttä merkittävästi lisätä. Tällaisilla alueilla esimerkiksi säätösalaoitus mahdollisesti yhdistettynä kalkkisuodinoitukseen voi olla riittävä maataloudellinen vesiensuojelutoimi sulfaattimailta peräisin olevan happamuuden torjunnassa. Näillä toimilla on vain kohtalaisen vähäiset vaikutukset maatalouden harjoittamiseen.

KUTI-tutkimuksen perusteella maassamme voidaan arvioida olevan noin 50 000 ha sellaisia viljelykäytössä olevia happamia sulfaattimaita, joilla sulfidikerrokset ovat lähellä

(<1,5 m) maan pintaa ja joilta sen vuoksi tulee runsasta happamuus- ja metallikuoritusta. Voimakkaimmat happamuuden torjuntatoimet kohdistuisivatkin juuri näille pelloille, jotka siis edustavat rajoitettua osaa sulfaattimaa-alueestamme. Happamimmat ja suurinta happamuuskuoritusta aiheuttavat pellot sijaitsevat ilmeisesti lähimpänä rannikkoa tai muuten sulfaattimaa-alueiden alavimmilla paikoilla. Pengerrysalueet ovat tyypillisiä happamimpia sulfaattimaa-alueita.

Suurinta vesistökuoritus aiheuttavilla pelloilla joudutaan todennäköisesti turvautumaan melko kalliisiin toimenpiteisiin, jos niiltä tulevaa kuoritusta halutaan merkittävästi pienentää. Näilläkin maillois pyrittävä sellaisiin ratkaisuihin, joissa viljely voisi jatkua samalla, kun sulfaattimailta tuleva happamuuskuoritus vähenisi. Jotta tähän päästäisiin, voi viljelijän olla välttämätöntä luopua täysin vapaasta tuotantosuunnan ja viljelykasvin valintamahdollisuudesta ja siirtyä sellaisten kasvien viljelyyn, jotka mahdollistavat korkean pohjaveden pinnan. Tämä edellyttää säätösalaoitusta ja täydennysveden johtamista ojastoon kesän kuivana aikana mahdollisesti pumpaamalla.

Voidaan olettaa, että monivuotisia nurmia pystyttäisiin viljelemään pienempää kuivavaraa käyttäen kuin esimerkiksi viljoja. Myös peruna kasvaa happamalla maalla hyvin, ja sen viljelyssä lieenee Suomessa ensimmäiseksi sovellettu säätökastelua ja kuivatusvesien kierrätystä. Tästä syystä peruna voisi olla varteenotettava viljelykasvi myös happamimmilla sulfaattimailla. Uutena mahdollisena pellon käyttömuotona voi olla energiakasvien kuten ruokohelven viljely. Ruokohelpi kasvaa hyvin esimerkiksi turpeennostosta vapautuneilla suopohjilla, mutta energiakasvien viljelykokeita ei ole tiettävästi tehty happamilla sulfaattimailla. Näin ollen ei tiedetä, miten kyseiset kasvit menestyvät tällaisilla maillois ja kestävätkö ne tällä tavalla vähennettyä maan kuivatusta. Tästä aihepiiristä täytyy saada aikaan riittävän laajamittaisia kenttäkokeita ennen kuin menetelyä voitaisiin ruveta suosittelemaan tai äärimmäisessä tapauksessa edellyttämään.

Ellei kuivatuksen voimakas säätely ja tähän sopivien viljelykasvien valinta johda toivottuun vesistökuormituksen vähenemiseen, kuivatuksen lopettaminen ja maiden otaminen pois varsinaisesta maatalouskäytöstä on todennäköisesti tehokas ratkaisu. Tämä toimenpide poistaisi kyseiset pellot viljelystä, ja ne voisivat voimia korkeintaan jonkinlaisina laidunniittinä.

Viljelymaan käytön mahdollinen rajoittaminen (kuivatus-tapa, viljelykasvivalikoima) tai tiettyjen uusien toimien vaatiminen aiheuttaa viljelijälle merkittäviä kustannuksia ja huomattavia sosio-ekonomisia vaikutuksia alueilla, joilla esiintyy runsaasti näitä suurinta vesistökuormitusta tuottavia happamia sulfaattimaita. Tilakohtaisten vaikutusten suuruus riippuu siitä, kuinka suuri osuus tilan pelloista sijaitsee tällaisilla sulfaattimailla ja siitä, mikä tilan tämänhetkinen tuotantosuunta on. Tuotantosuunnan vaihtaminen merkitsee erittäin suuria investointikustannuksia ja myös kouluttautumistarvetta. Jos alueen tiloista huomattava osa on edellä kuvattujen voimakkaiden toimenpiteiden piirissä, voi tällä olla vaikutusta koko kyläyhteisön tai kunnan taloudelliseen ja sosiaaliseen elinvoimaisuuteen.

Voimakkaat sulfaattimailta tulevan vesistökuormituksen vähentämistoimet tulevat kalliiksi, mistä syystä niitä var-ten tarvitaan tukijärjestelmä. Kalliiden toimenpiteiden tar-koituksen mukainen (kustannustehokas) kohdentaminen edellyttää nykyistä paljon tarkempaa kartoitustietoa täl-laisten suurinta kuormitusta aiheuttavien sulfaattimaiden sijainnista ja myös tässä luonnosteltujen toimenpiteiden todellisesta vaikuttavuudesta.

Koska happamimpien sulfaattimaiden sijaintia ei tarkkaan tunnetta, ei voida myöskään tietää, miten nämä alueet sijoit-tuvat eri maatilojen alueille ja kuinka suuri osuus minkäkin tilan pelloista koostuu sulfaattimaista, joilla todennäköi-sesti tarvitaan voimakkaita happamuuden torjuntatoimia. Toistaiseksi ei myöskään tiedetä, mitä viljelykasveja hap-pamimmilla sulfaattimailla viljellään. Näin ollen ei voida arvioida sitä, kuinka suurilla alueilla ja monellako tilalla jouduttaisiin äärimmäisessä tapauksessa vaihtamaan tuo-tantosuuntaa ja millaisia alueita viljelystä poistaminen olisi suositeltava toimintamalli. Näin ollen happamien sulfaat-timaiden aiheuttaman vesistökuormituksen merkittävän vähentämisen kustannuksia on toistaiseksi mahdotonta arvioida edes kohtuullisella tarkkuudella. Jotta tällainen arvio voitaisiin tehdä, on välttämättä käynnistettävä tutki-mus, jossa selvitetään sulfaattimaa-alueen maatalouden tuotantorakenne tilakohtaisesti. Tämän perusteella pys-tytään laatimaan skenaarioita happamimpien sulfaatti-maiden aiheuttaman vesistökuormituksen vähentämisen taloudellisista ja sosiaalisista vaikutuksista. On kuitenkin tiedostettava, että happamimpien sulfaattimaiden aihe-

uttaman vesistökuormituksen merkittävä vähentäminen merkitsee väistämättä uudenlaista toimenpidevalikoimaa, suuria kustannuksia ja todennäköisesti huomattavia pai-kallistason sosiaalisia vaikutuksia.

# Liite 4. Arvio happamien sulfaattimaiden kartoituksen kustannuksista

Peter Edén, 16.12.2008

HS-maa = Hapan sulfaattimaa + potentiaalisesti hapan sulfaattimaa (sulfidisavi)

## Tavoite

1. Kehittää mahdollisimman nopea ja kustannustehokas menetelmä
2. Kartoittaa happamien sulfaattimaiden sijainti, esiintymissyvyys ja ominaisuudet sekä joissakin kohteissa paksuudet
3. Luokitella haitallisuuden mukaan
4. Tietokannat ja kartat
5. Toimenpide-ehdotukset ja maankäytön ohjeet

## A. Kartoitettavan alueen rajaaminen (toimistotyönä)

(Oulun ja Turun välinen maa-alue < 80 m on 3 223 000 ha)

Rajataan mahdolliset ja todennäköiset HS-maat:

- maaperän yleiskartan aineisto (1:200 000)
- muu maaperätieto (1:20 000)
- kallioperäkartat (esim. mustaliuskeet, malmivyöhykkeet)
- korkeusdata / laserkeilaus
- lentogeofysiikan aineisto (1-taajuus)
- mahdollinen muu aineisto (aikaisemmat HS- maankartoitukset, vesianalyysit, turvekartoitus, peltolohkokartat, mustaliuskeet)

-> 800 000 – 1 200 000 ha (savi-, siltti- ja liejualueet sekä alueet, joilla ohut hiekka- tai turvepeite). Vesistöalueittain?

## ->karkea jako: Varmat, Todennäköiset ja Mahdolliset kohteet = Ennustekartta

Toimistotyötä: GIS -asiantuntija, (maaperä) geologi, geofyysikko, allastutkija

## B. Tarkentavat maastotyöt, yleiskartoitus

- pH- ja sähkönjohtavuus-mittaukset
- Vesinäytteenotto
  - Analyysit (esim. metallit 80 €, asiditeetti 10 € ja sulfaatti 10 € / näyte)
- Käsikairaukset 3:een (5:een) metriin
  - Mittauksia
  - Näytteenotto (profiilista 20 cm:n välein)
  - Analyysit (esim. kuivatus, murskaus, liuotus + analyysi 40 €/näyte)

Analyysitietojen käsittely, tallentaminen, kartat, tulkinta  
GIS-asiantuntija, (maaperä)geologi, geokemisti, maastotyöntekijät, esimies...

## C. Täsmäkartoitus (kehittämismuut, Hot Spotit, piilottialueet)

B:n lisäksi:

- tiheämpi, osittain syvempi näytteenotto
- konekairaukset (100 €/m)
- maastogeofysikaalisia mittauksia (johtavuusmittaus, painovoima ....)
- lentogeofysikaalisen aineiston kehittäminen ja käyttö
- allasanalyysit

## D. Tulosten käsittely, tuotteistaminen, raportointi

Kartat ja profiilit, luokittelu, tietokannat, tulkinta, raportointi, toimenpideehdotukset, maankäytön ohjeita, Internetiin, esitteitä ...

## E. Täydennyskartoitus

Tarkistukset + yleiskartoitukset hiekan ja turpeen peittämällä alueilla.

Jokien suualueiden ja merenpohjan metallipitoisten sedimenttien kartoitus.

## Alustava kustannusarvio

Vaikea hahmotella ennen kuin on kokemusta karttunutta ja menetelmiä kehitetty. Joka tapauksessa tullaan tarvitsemaan paljon kenttätöitä ja analyysia, jotka molemmat vaativat paljon varoja. Koska kokemuksen mukaan alueet ja jopa viereiset peltolohkot saattavat olla laadultaan hyvin erilaiset, joudutaan (paikoin) tekemään hyvin tiheät tarkistukset / näytteenotot / mittaukset.

## B = Yleiskartoitus

n. 8 € / ha x 500 000 ha = 4 000 000 €

## C = Täsmäkartoitus

n. 15 € / ha x 100 000 ha = 1 500 000 €

## D = Johto, hallinto, tuotteet, raportit,

n. 8 htv = 1 300 000 €

## E = Täydennyskartoitus

n. 6 € / ha x 400 000 ha = 2 400 000 €

-----  
9 200 000 €



## Liite 5. Catermass-hankkeen kuvaus

### **Climate Change Adaptation Tools for Environmental Risk Mitigation of Acid Sulphate Soils –CATERMASS** (Ilmastomuutoksen sopeutumiskeinot happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien vähentämiseksi)

Hankkeen tavoitteena on kehittää valmiuksia sopeuttaa happamien sulfaattimaiden maankäyttöä ja vesiensuojelua muutuvaan ilmastoon. Sulfaattimailta tuleva suuri ympäristökuormitus uhkaa kasvaa entisestään ilmastomuutoksen seurauksena. Korjaaviin toimenpiteisiin ryhtyminen on välttämätöntä vesipolitiikan puitedirektiivin, meristrategiadirektiivin, prioriteettiainedirektiivin, tulvadiirektiivin ja luontodirektiivin mukaisten ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi. Varautuminen vesistö-, kalasto- ja biodiversiteettihaittoihin ja niiden torjuntaan edellyttää systemaattista tiedon kokoamista ongelma-alueista, happamuus- ja metallialtistuksen skenaarioista, ympäristöriskien luonteesta ja prioriteettikohteista sekä käytettävissä olevista vesiensuojelumenetelmistä ja niiden toimivuudesta muuttuvassa ilmastossa. Ongelma-alueet ovat pääosin yksityisessä omistuksessa olevaa maatalousmaata, ja ongelmien vähentäminen edellyttää maankuivatuksen ja viljelymenetelmien muuttamista. Tähän tulokseen voidaan päästä yksinomaan laajapohjaisen ja osallistavan prosessin kautta, jossa otetaan huomioon luonnontieteellisten näkökohtien ohella myös sosio-ekonomiset seikat.

Hankkeessa kootaan yhteen tieto happamien sulfaattimaiden esiintymisestä, kuormituspotentiaalista, vesistövaikutuksista ja vesiensuojelun nykyisistä menetelmistä ja toimivuudesta sekä kehitetään valmiudet sopeuttaa vesiensojelu muutuvaan ilmastoon demonstroimalla parhaita ympäristökäytäntöjä. Hankkeen on suunniteltu jakautuvan seuraaviin tehtäviin (suluissa vetovastuussa oleva organisaatio ensimmäisenä, muut partnereita tai alihankkijoita):

#### **Tehtävä 1: Happamien sulfaattimaiden kartoitus ja riskiluokittelu (GTK, HY, LSU, ÅA)**

- Kootaan yhteen olemassa olevat aineistot ja tiedot kartoitusmenetelmistä
- Kehitetään kartoitusmenetelmiä ja menetelmä kohteiden riskiluokittelulle
- Tehdään täydentävää maaperäkartoitusta pilottikohteissa priorisoiduilla valuma-alueilla
- Laaditaan vesienhoitoalueittain kartta happamuus- ja metallikuormitusta aiheuttavista kohteista/potentiaalisista kohteista ja niiden riskiluokittelusta; luokittelussa nou-

datetaan EUn suosittamaa WRB-järjestelmää (<http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/>)

- Tieto tuotetaan EU:n INSPIRE-direktiivin periaatteiden mukaan ([www.inspire-geoportal.eu](http://www.inspire-geoportal.eu)), ja aineistot täydentävät Suomen osuutta Euroopan maaperätietokannassa (European Soil Data Center; <http://eusoils.jrc.europa.eu>).

#### **Tehtävä 2: Pintavesien ekologiseen tilaan ja kalakan-toihin kohdistuvien riskien tunnistaminen ja demonstrointi (SYKE, RKTL, LSU, ÅA)**

- Kootaan yhteen tiedot HS-maiden metalli- ja happamuuskuormituksesta ja sen vaikutuksista ja vaikutusten kehityksestä viime vuosikymmeninä
- Täydennetään seurantatietoja toksisuus- ja kalastovai- kutuksista HS-maiden kuormittamisissa pilottikohteissa
- Arvioidaan muuttuvien ilmasto-olojen vaikutus kuormi- tuksen kehitykseen sekä vesien tilan ja kalakantojen kehitykseen
- Arvioidaan vesiensuojelumenetelmien sopeuttamisen vaikuttavuutta ja kehitetään vaikutusten seurantaa
- Tunnistetaan tilakehityksen riskikohteet ja laaditaan ve- sistövaikutusten riskikartta

#### **Tehtävä 3: Haittojen vähentämismenetelmien kehittä- minen ja sopeuttaminen maa- ja metsätalouden tuo- tantojärjestelmään muuttuvissa ilmasto-oloissa (MTT, HY, ÅA, SYKE, GTK)**

- Kootaan tiedot olemassa olevista HS-maiden vesien- suojelumenetelmistä ja niiden käyttökokemuksista.
- Arvioidaan HS-maiden merkitys Suomen kasvihuone- kaasupäästöissä ja kehitetään menetelmä niiden otta- miseksi huomioon maamme kasvihuonekaasuinventaa- riossa (<http://www.stat.fi/tup/khkinv/index.html>)
- Arvioidaan menetelmien toimivuus ja kehitystarpeet muuttuvissa ilmasto-oloissa, testataan ja demonstroi- daan menetelmien räätälöintiä käytännön tilanteisiin pi- lottikohteissa. Maataloudessa tämä merkinnee maan- kuivatuksen tarkempaa säätelyä, pyrkimystä pitää poh- javeden pinta nykyistä korkeammalla ja tällaisia oloja sietävien kasvien viljelyä.
- Perehdytään myös happamien kaivosvesien käsittelyssä käytettäviin menetelmiin ja arvioidaan niiden soveltamis- kelpoisuutta HS-maille
- Laaditaan ohjeistus menetelmien sopeuttamisesta muuttuviin ilmasto-oloihin

**Tehtävä 4: HS-maiden toimenpidevaihtoehtojen sosioekonomisten vaikutusten ja rajoitteiden arviointi (SYKE, LSU, MTT, RKTL)**

- Tarkastellaan vesiensuojelutoimien vaihtoehtoisten menetelmien kustannuksia ja hyötyjä sekä maanviljelijöiden, tärkeiden sidosryhmien että viranomaisten näkökulmasta
- Osallistetaan jokineuvottelukuntia monitavoitearvioinnin keinoin vesiensuojelun ja ilmastomuutokseen sopeutumisen arviointiin
- Laaditaan ohjeistus ilmastomuutoksen sopeutumiskeinojen kustannustehokkaiden menetelmien valinnasta

**Tehtävä 5: tiedon välittäminen hs-maiden vesiensuojelun parhaista ympäristökäytännöistä muuttuvissa ilmasto-oloissa (syke, lsu, hy, åa, gtk, rkyl, ppo ja ösb, pro agria)**

- Kootaan yhteen olemassa oleva tieto parhaista ympäristökäytännöistä happamuusstrategiatyöryhmän muistion sekä aikaisempien hankkeiden tulosten perustella
- Perustetaan tietopankki HS-maiden vesiensuojelusta
- Demonstroidaan vesiensuojelun käytännön toteutusta pilottikohteissa
- Järjestetään koulutustilaisuuksia viljelijöille ja toiminnanharjoittajille
- Kootaan www-sivut, laaditaan audiovisuaalisia esityksiä sekä julkaistaan Suomeksi ja Ruotsiksi ohjeita HS-maiden ympäristöriskien vähentämisestä muuttuvissa ilmasto-oloissa
- Järjestetään vuoden 2012 kesällä kansainvälinen sulfaattimaasymposium. Tämä on järjestyksessä 7. alan tilaisuus, ja jo tehdyt alustavat tunnustelut sen pitämisestä seuraavan kerran Suomessa ovat saaneet kansainvälisesti myönteisen vastaanoton syksyllä 2008 Kiinassa pidetyssä symposiossa (International Union of Soil Sciences, Working Group Acid Sulphate Soils, <http://www.iuss.org/popup/Working%20Groups.htm>).

Hanketta johtaa ja koordinoi Suomen ympäristökeskus (SYKE), jossa hankkeen johtajana toimii tutkimusprofessori, FT Kari-Matti Vuori. Hanke on suunniteltu toteutettavaksi vuosina 2010-2012.

(SYKE = Suomen ympäristökeskus, GTK = Geologian tutkimuskeskus, MTT = Maatalouden tutkimuskeskus, RKTL = Riista- ja kalatalouden tutkimuskeskus, PPO = Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, LSU = Länsi-Suomen ympäristökeskus, ÅA = Åbo Akademi, HY = Helsingin yliopisto ja ÖSB = Österbottens svenska producentförbund r.f.)

## Liite 6. Ehdotus happamien sulfaattimaiden luokittelukriteereiksi

Markku Yli-Halla/Helsingin yliopisto

Suomessa happamia sulfaattimaita on tähän asti käsitelty yhtenä kokonaisuutena, vaikka niiden joukossa on ominaisuuksiltaan monenlaisia maita. Korkeammalla meren pinnasta sijaitsevat ja kauan sitten kuivatuksen piiriin tulleet sulfaattimaat ovat usein hapettuneet syvältä, ja niissä ollut happamuus on suureksi osaksi huuhtoutunut pois. Sen sijaan lähempänä rannikkoa sijaitsevilla sulfaattimaissa hapettunut ja huuhtoutunut pintakerros on usein ohuempi, ja pelkistyneitä rikkiyhdisteitä on melko lähellä maan pintaa. Mitä lähempänä maan pintaa sulfidikerrokset ovat ja mitä suurempi on niiden sulfidipitoisuus, sitä enemmän niistä vapautuu happamuutta, joka haittaa maanviljelyä ja aiheuttaa ongelmia vesistöissä. Ainakin Sirppujoen valuma-alueen kartoituksessa (Palko ym. 1985) ja Life Lestijoki-hankkeessa (Weppling ym. 1999) tutkittujen alueiden sulfaattimaat jaettiin luokkiin sen perusteella, miten paljon happamuuskuormitusta niiltä oletettiin tulevan vesistöihin. Myös kansainvälisissä maaperäluokituksen järjestelmissä happamat sulfaattimaat jaetaan eri luokkiin esimerkiksi sulfidikerrosten syvyyden, maaprofiilin minimi-pH:n ja rikkipitoisuuden perusteella. Eri luokkia edustavien maiden paikallistaminen mahdollistaa nykyistä tehokkaamman riskinarvioinnin ja näille maille suunnattujen toimenpiteiden tehokkaamman kohdentamisen.

Lähtökohtana kartoitukselle ja luokittelulle on sulfaattimaita todennäköisesti sisältävien alueiden rajaaminen esimerkiksi maaperäkartojen, korkeusdatan ja aikaisempien sulfaattimaakartoitusten antamien tietojen perusteella. Rajauksessa voidaan jossain määrin tukeutua myös alueelta tulevi-

en valumavesien pH-määrittelyyn, mutta varsinaisessa kartoitustyössä tutkitaan valittujen alueiden maaprofiileja tekemällä mittauksia ja aistinvaraisia havaintoja ja ottamalla maanäytteitä laboratorioissa tehtäviä analyysejä varten.

Maaprofiilista otetaan läpivirtauskairalla näytteitä tarvittaessa jopa 2,5 metrin syvyyteen. Silmävaraisesti tehdään havainnot maaprofiilissa eri syvyyksillä esiintyvistä maa-lajeista, pohjaveden korkeudesta ja siitä, millä syvyydellä kellertävää jaroisittia tai mustaa sulfidia on mahdollisesti nähtävissä. Tuoreesta maasta eri syvyyksiltä (esim. 40 - 60 cm, 80 - 100 cm, 130 - 150 cm ja 230 - 250 cm) tehdään pH-määrittely, mahdollisesti myös sähkönjohtavuus. Laboratorioissa määritetään maanäytteiden kokonaisrikkipitoisuus. Maanäytteiden annetaan hapettua 16 viikon ajan, minkä jälkeen niiden pH mitataan. Tämä on kentällä tehtävän pH-määrittelyn ohella kaikkein tärkein määrittely, koska se osoittaa sen, onko näytteen edustamassa maakerroksessa sulfideja. *Jos maan pH laskee hapettumisen aikana 4,5:n alapuolelle ja lasku on vähintään 0,5 pH-yksikköä, maassa katsotaan olevan sulfidia.* Näiden tietojen perusteella sulfaattimaat voidaan jakaa niiden maataloudelle ja ympäristölle aiheuttamien ongelmien perusteella esimerkiksi neljään luokkaan. Seuraavassa hahmotellaan mahdollisia luokittelukriteerejä, jotka on kuitenkin testattava maastokartoituksissa saatavan aineiston avulla. Kutakin luokkaa voidaan jakaa osiin esimerkiksi sulfidikerrosten rikkipitoisuuden perusteella: <0,1 %, 0,1-0,3 %, 0,3-0,6 %, >0,6 %.

Luokka	Ominaisuudet
I: hyvin vakava	Sulfidia 0-1,0 m syvyydessä <b>ja/tai</b> kentällä 0-1,0 m syvyydessä mitattu minimi-pH<4,0
II: vakava	Sulfidia 1,0-1,5 m syvyydessä <b>ja/tai</b> kentällä 1,0-1,5 m syvyydessä mitattu minimi-pH <4,0
III: melko vakava	Sulfidia vain 1,5-2,5 metrin syvyydessä <b>ja/tai</b> kentällä mitattu minimi-pH <4,0
IV: lievä	Sulfidia vain 2,0-2,5 metrin syvyydessä <b>ja</b> kentällä 0,5-2,5 m syvyydessä mitattu minimi-pH <4,5
(V): ei riskikohde	Ei sulfidia 0-2,5 m:n syvyydessä, kentällä mitattu minimi-pH >4,5

## **MMM:n vuonna 2009 julkaisemat työryhmämuistiot**

ISSN: 0781-6723 (Painettu)  
ISSN 1797-4011 (Verkkojulkaisu)

- 2009:1 Lannoitevalmistesektorin tulevaisuuskatsaus vuosille 2009 – 2013  
ISBN 978-952-453-455-0 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-456-7 (Verkkojulkaisu)
- 2009:2 Korkeustieto-yhteistyöryhmän loppuraportti  
ISBN 978-952-453-461-1 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-462-8 (Verkkojulkaisu)
- 2009:3 Pienten ja keskisuurten yritysten kokemia elintarvikelainsäädännön ja -valvonnan ongelmia selvittävän hanketyöryhmän raportti  
ISBN 978-952-453-465-9 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-466-6 (Verkkojulkaisu)
- 2009:4 Maa- ja porotalouden luopumistukijärjestelmän jatkamistyöryhmän muistio  
ISBN 978-952-453-471-0 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-472-7 (Verkkojulkaisu)
- 2009:5 Tulvariskityöryhmän raportti  
ISBN 978-952-453-475-8 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-476-5 (Verkkojulkaisu)
- 2009:6 Maa- ja metsätalousministeriön geenitekniikkastrategia ja toimenpideohjelma vuosille 2009-2013  
ISBN 978-952-453-479-6 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-480-2 (Verkkojulkaisu)
- 2009:7 Metsäkeskusten metsätietotyöryhmä  
ISBN 978-952-453-491-8 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-492-5 (Verkkojulkaisu)
- 2009:8 Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa. Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi  
ISBN 978-952-453-493-2 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-494-9 (Verkkojulkaisu)
- 2009:8a På väg mot kontroll av de sura sulfatjordarna. Förslag till riktlinjer för minskning av de olägenheter som sura sulfatjordar orsakar  
ISBN 978-952-453-495-6 (Painettu)  
ISBN 978-952-453-496-3 (Verkkojulkaisu)



